

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANCÍ

Optimalizace akciového portfolia
Optimization of stock portfolio

Student:

Bc. Filip Soška

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Aleš Kresta Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Ekonomická fakulta
Katedra financí

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Filip Soška**
Studijní program: **N6202 Hospodářská politika a správa**
Studijní obor: **6202T010 Finance**
Téma: **Optimalizace akciového portfolia**
Optimization of Stock Portfolio
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
 2. Popis měř výkonnosti a rizika portfolia
 3. Popis modelů teorie portfolia
 4. Ověření modelů na reálných datech
 5. Závěr
- Seznam použité literatury
Seznam zkratk
Prohlášení o využití výsledků diplomové práce
Seznam příloh
Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:


ARONSON, David R. *Evidence-based technical analysis: applying the scientific method and statistical inference to trading signals*. Hoboken: Wiley, 2007. ISBN 978-0-470-00874-4.
ELTON, E. J., M. J. GRUBER, S. J. BROWN and W. N. GOETZMANN. *Modern portfolio theory and investment analysis*. 9th ed. Hoboken: Wiley, 2014. ISBN 978-1-118-46994-1.
ZMEŠKAL, Z., D. DLUHOŠOVÁ a T. TICHÝ. *Finanční modely: koncepty, metody, aplikace*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-91-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Aleš Kresta, Ph.D.**

Datum zadání: 22.11.2019

Datum odevzdání: 24.04.2020


Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Lenka Kauerová, CSc.
proděkan pro studium
na základě pověření k jednání č.j.
VSB/19/050319/9900 ze dne 24. 9. 2019

„Prohlašuji, že jsem celou práci vypracoval samostatně. Příloha č. 1 byla také doplněna samostatně.“

V Ostravě dne 24. 4. 2020



.....
Bc. Filip Soška

Obsah

1	Úvod.....	5
2	Popis měr výkonnosti a rizika portfolia	7
2.1	Obsahové charakteristiky akcií a portfolia	7
2.1.1	Výnosy akcií a portfolia	7
2.1.2	Směrodatná odchylka	9
2.1.3	Šikmost.....	10
2.1.4	Špičatost	11
2.2	Míry rizika portfolia	11
2.2.1	Value at Risk	12
2.2.2	Conditional Value at Risk	14
2.2.3	Semivariance	14
2.2.4	Průměrná absolutní odchylka (MAD).....	14
2.2.5	Maximální pokles (MDD).....	14
2.3	Míry výkonnosti portfolia	15
2.3.1	Sharpeho poměr	15
2.3.2	MAD poměr	15
2.3.3	Rachevův poměr	16
2.3.4	STARR poměr.....	16
2.3.5	Sortino poměr.....	16
3	Popis modelu teorie portfolia	17
3.1	Teorie efektivních trhů a technická analýza.....	17
3.1.1	Teorie efektivních trhů.....	17
3.1.2	Technická analýza.....	19
3.1.3	Teorie efektivních trhů versus technická analýza	23
3.2	Naivní strategie 1/N	24
3.3	Mean-variance modely.....	24

3.3.1	Optimalizační úlohy Markowitzova modelu.....	26
3.4	Modely využívající technickou analýzu.....	29
3.4.1	Model založený na klouzavých průměrech.....	29
4	Ověření modelu na reálných datech	31
4.1	Popis dat a výpočet základních charakteristik akcií.....	31
4.2	Naivní strategie	37
4.2.1	Postup ověření naivní strategie	37
4.2.2	Výsledky ověřování naivní strategie a investování do indexu.....	40
4.3	Markowitzův model	42
4.3.1	Postup ověřování Markowitzova modelu	43
4.3.2	Výsledky Markowitzova modelu	43
4.4	Model založený na křížení klouzavých průměrů	46
4.4.1	Postup ověření modelu založeného na křížení klouzavých průměrů.....	47
4.4.2	Vzájemné porovnání variant	49
4.4.3	Výsledky strategie křížení klouzavých průměrů pro realistickou variantu.....	50
4.5	Srovnání výsledků všech modelů.....	57
5	Závěr	64
	Seznam použité literatury.....	66
	Seznam zkratk	68
	Seznam příloh	
	Přílohy	

1 Úvod

Optimalizace akciového portfolia představuje proces vybírání vhodných akciových titulů na základě preferencí a potřeb investorů. Při sestavování akciového portfolia se investoři zaměřují zejména na výnos a riziko portfolia. Správný poměr těchto veličin je individuální záležitostí každého investora, nicméně platí, že investoři chtějí maximalizovat své výnosy a zároveň podstupovat co nejnižší riziko. Platí také, že pokud by investoři měli vybírat ze dvou portfolií a obě portfolia by měla stejný výnos, vyberou si investoři vždy to méně rizikové. Pokud však investoři chtějí dosahovat vyšších výnosů, musí podstupovat vyšší riziko. Tyto axiomy byly položeny Harrym Markowitzem v roce 1952 a tvoří tzv. moderní teorii portfolia. Tato teorie umožnila jako první kvantifikovat očekávaný výnos portfolia a jeho riziko a dala dříve spíše subjektivní disciplíně investičního rozhodování objektivní kritéria a rigorózní postupy.

Cílem práce je ověření výkonnosti vybraných modelů pro optimalizaci akciového portfolia. Ověření modelů probíhá v programu MS Excel s použitím reálných dat akcií zařazených v německém indexu DAX v období od 3. ledna 2005 do 2. března 2020. Jednotlivé modely jsou v práci porovnávány jak mezi sebou, tak proti zvolenému benchmarku. Nejprve je v práci ověřena výkonnost naivní strategie a pro doplnění také výkonnost samotného indexu. Obě strategie pak slouží jako určitý benchmark, s nímž je porovnávána historická výkonnost portfolií vytvořených na základě dalších modelů popsanych v této práci. Nejrozsáhlejší částí práce je ověření modelu založeného na křížení klouzavých průměrů, které patří mezi jeden z nejpoužívanějších nástrojů technické analýzy.

Práce se skládá z pěti kapitol, přičemž první a poslední kapitoly tvoří úvod a závěr. Druhá kapitola je věnována popisu měr výkonnosti a rizika portfolia. Ještě předtím jsou zde popsány obecné charakteristiky jednotlivých akcií a portfolia. Mezi tyto charakteristiky patří např. výnosy jednotlivých akcií či portfolia, výpočet průměrného výnosu a jeho agregace v čase, směrodatná odchylka pozorovaných výnosů či šikmost a špičatost jejich pravděpodobnostního rozdělení. Další část kapitoly je věnována popisu měřítek rizika portfolia. Nejprve jsou popsány oboustranné a jednostranné míry rizika a také obecné vlastnosti, které jsou pro kvalitní míry rizika žádoucí. Následně je uveden popis konkrétních měr rizika používaných v této práci, z nichž lze uvést např. Value at Risk, semivarianci či průměrnou absolutní odchylku od střední hodnoty (MAD). Jako míry výkonnosti portfolia jsou v práci použity Sharpeho poměr, Rachevův poměr, MAD poměr a další.

Ve třetí kapitole je nejprve popsána teorie efektivních trhů, jejíž principy jsou v přímém rozporu s technickou analýzou, o jejíž nástroje se opírá jeden z modelů, které jsou v práci ověřovány. Následně je zde popsána také samotná technická analýza. Poté jsou definovány jednotlivé modely, jejichž ověřování probíhá na reálných datech ve čtvrté kapitole práce. Prvním definovaným modelem je naivní strategie, která je jedním z nejjednodušších investičních přístupů. Dále jsou obecně vymezeny mean-variance modely a definovány optimalizační úlohy, na jejichž základě jsou rebalancována portfolia u strategie s minimálním rizikem a tangenciální strategie. V poslední části kapitoly je pak vymezen model založený na křížení klouzavých průměrů, který je v práci ověřován ve více variantách.

Čtvrtá kapitola představuje stěžejní část práce, neboť jsou v ní ověřovány výše zmíněné modely. První část této kapitoly je věnována popisu dat. V této části jsou také vypočítány základní charakteristiky pro jednotlivé akcie, tedy jejich průměrný roční výnos a jeho směrodatná odchylka, šikmost, špičatost či medián. Následně jsou již ověřovány samotné modely pro optimalizaci akciového portfolia. Nejprve je u každého modelu uveden postup ověřování jeho výkonnosti v programu MS Excel doplněný o ilustrativní příklad. Poté již jsou prezentovány výsledky jednotlivých modelů, které jsou na konci kapitoly zhodnoceny jako celek.

2 Popis měr výkonnosti a rizika portfolia

Při hodnocení výkonnosti určité strategie není možné brát v úvahu pouze výnos portfolia, ale je nutné zohledňovat i jeho riziko. Riziko lze obecně chápat jako možnou variabilitu budoucí hodnoty výnosu, respektive jeho nahodilost. Výsledky jednotlivých optimalizačních strategií uvedených v této práci jsou tedy porovnávány mezi sebou, ale i oproti zvolenému benchmarku, na základě měr výkonnosti, které je možné obecně definovat jako poměr mezi odměnou (výnosem) a rizikem.

V této kapitole jsou nejprve popsány obecné charakteristiky akciového portfolia. Dále jsou zde popsány míry rizika portfolia, mezi které patří např. Value at Risk. V poslední části kapitoly je uveden popis měr výkonnosti portfolia. Veškeré míry rizika a výkonnosti vysvětlené v této kapitole jsou aplikovány na historicky pozorované výnosy. Popis měr výkonnosti a rizika portfolia v této kapitole vychází z publikací: Artzner a kol. (1999), Balzer (2001), Kresta (2016), Rachev (2015), Sortino a Satchell (2001) a Zmeškal a kol. (2013).

2.1 Obecné charakteristiky akcií a portfolia

Jako obecné charakteristiky akcií či portfolií jsou v této podkapitole uvažovány jejich výnosy, směrodatné odchylky, či šikmost a špičatost pravděpodobnostního rozdělení výnosů.

2.1.1 Výnosy akcií a portfolia

Výnosy lze považovat za základní stavební kámen veškerého finančního modelování. Jsou počítány z historických cen podkladových aktiv, které jsou v této práci upraveny o dividendy a štěpení akcií. Existují dva typy výnosů, konkrétně se jedná o výnosy diskrétní a spojitý. V této práci je používán výnos diskrétní, který je ve své podstatě procentuální změnou ceny podkladového aktiva ve zvoleném časovém období. Diskrétní výnos se vypočítá dle vztahu,

$$R_{i,t} = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad (2.1)$$

kde $R_{i,t}$ je diskrétní výnos i -té akcie v čase t , P_t je kurz akcie v čase t a P_{t-1} je kurz akcie v čase $t - 1$. Pokud jsou známy výnosy jednotlivých aktiv, lze vypočítat výnos portfolia. Výnos portfolia se vypočítá dle vztahu,

$$R_{p,t} = \sum_{i=1}^N w_i \cdot R_{i,t}, \quad (2.2)$$

kde $R_{p,t}$ označuje výnos portfolia v čase t a w_i označuje podíl i -tého aktiva v portfoliu. Na základě historických výnosů portfolia lze následně vypočítat vývoj prostředků v čase dle vztahu,

$$W_{t+1} = W_t \cdot (1 + R_{p,t}), \quad (2.3)$$

kde W_{t+1} představuje hodnotu prostředků v čase $t + 1$, W_t je hodnota v prostředků v čase t (hodnota počátečních prostředků $W_0 = 1$).

Je také nutné zdůraznit, že výnosy se počítají vždy za určité období, konkrétně za období t až $t - 1$. V této práci jsou používána data s denní periodou, tudíž aplikováním výše uvedených vztahů by byly vypočteny denní výnosy. Často je však vhodné tyto výnosy přepočítat na roční bázi. Pro přepočet denního diskrétního výnosu na roční je nutné denní výnos umocnit na 252 (toto číslo udává počet obchodních dní za jeden kalendářní rok). Formálně se tento vztah dá zapsat jako,

$$R_t^* = (1 + R_t)^{252} - 1. \quad (2.4)$$

S přepočtem výnosů na jinou periodu také souvisí otázka, jak počítat průměrný výnos. V případě použití spojitého výnosu lze použít aritmetický průměr, nicméně pro diskrétní výnosy je vhodnější použít průměr geometrický, neboť použití aritmetického průměru má tendenci průměrný výnos nadhodnocovat. Aritmetický průměr výnosu je možné vypočíst dle vztahu,

$$\text{průměrný výnos} = \frac{R_1 + R_2 \dots R_n}{n}, \quad (2.5)$$

kde R_n představuje výnosy za jednotlivá období a n je počet sledovaných období. Geometrický průměr výnosu se počítá dle vztahu,

$$\text{průměrný výnos} = \prod_{i=t}^{t+\Delta t} [1 + R_i] - 1. \quad (2.6)$$

K ilustraci tohoto nadhodnocení lze uvažovat následující příklad na základě tabulky 2.1. Tabulka obsahuje dvanáct měsíčních výnosů. Průměrný výnos pomocí aritmetického průměru je na základě tabulky vypočten jako

$$\frac{6.4\% - 6.4\%}{12} = 0 \%, \quad (2.7)$$

zatímco geometrický průměr je vypočten jako

$$\sqrt[12]{1.02^6 \cdot 0.98^6} - 1 = -0.0167 \%. \quad (2.8)$$

Tabulka 2.1 Určení průměrného měsíčního výnosu

Měsíc	Cena ke konci měsíce	Diskrétní výnos
Prosinec	1,000	
Leden	1,020	2 %
Únor	1,040	2 %
Březen	1,061	2 %
Duben	1,082	2 %
Květen	1,104	2 %
Červen	1,126	2 %
Červenec	1,104	-2 %
Srpen	1,082	-2 %
Září	1,060	-2 %
Říjen	1,039	-2 %
Listopad	1,018	-2 %
Prosinec	0,998	-2 %

Zdroj: Kresta (2016, s. 7)

Lze si všimnout, že v případě použití aritmetického průměru je průměrný výnos nulový (a s tím i přepočtený roční výnos). Takový výsledek je ale chybný, protože z tabulky 2.1 vyplývá, že roční výnos musí být záporný, neboť $\frac{0,998-1}{1} = -0,2 \%$. Pro dosažení správného výsledku je nutné přepočíst měsíční výnos dle (2.6) na roční bázi, tedy $0,999833^{12} - 1 = 0,2 \%$ p. a. Platí, že čím je větší variabilita měsíčních výnosů, tím větší je rozdíl mezi aritmetickým a geometrickým průměrem.

2.1.2 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka představuje způsob, jak měřit odchylku jednotlivých dat od jejich střední hodnoty. Patří mezi jeden ze základních ukazatelů, pomocí kterých se měří riziko aktiv či portfolia. Je využívána zejména v tzv. mean-variance přístupu k optimalizaci portfolia, kde jsou parametry portfolia redukovány na výnos portfolia a jeho směrodatnou odchylku. Podstatnou nevýhodou směrodatné odchylky je její shodná penalizace kladných i záporných odchylek výnosu od jeho střední hodnoty. Shodná penalizace odchylek představuje nevýhodu z toho důvodu, že investory zpravidla tolik nezajímají kladné odchylky od střední hodnoty výnosů. Investoři si jako riziko představují vyčíslení případů, ve kterých dojde právě k negativní odchylce. Platí, že čím vyšší směrodatná odchylka portfolia, tím větší je interval, ve kterém se mohou výnosy daného portfolia pohybovat – vyšší směrodatná odchylka tedy představuje vyšší riziko portfolia.

Pro výpočet směrodatné odchylky historicky pozorovaných výnosů aktiva či portfolia

je nejprve zapotřebí vypočíst jejich rozptyl. Rozptyl historických výnosů aktiva se vypočítá dle vztahu,

$$\text{var}(R_i) = \sigma_i^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N [R_{i,t} - E(R_i)]^2, \quad (2.9)$$

kde N představuje počet historicky pozorovaných výnosů, $R_{i,t}$ je výnos i -tého aktiva v čase t a $E(R_i)$ je střední hodnota pozorovaných výnosů i -tého aktiva. Směrodatná odchylka se následně určí dle vztahu,

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_i^2}. \quad (2.10)$$

Pro přepočtení směrodatné denní směrodatné odchylky na roční periodu je využito následujícího vztahu,

$$\sigma_i^* = \sigma_i \cdot \sqrt{252}. \quad (2.11)$$

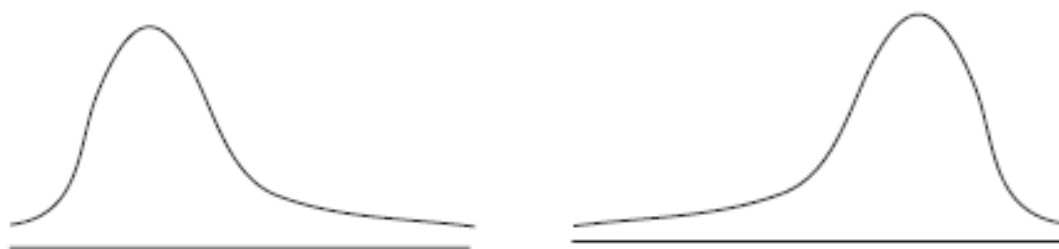
2.1.3 Šikmost

Koeficient šikmosti je charakteristika rozdělení náhodné veličiny (v tomto případě výnosů), která udává, zda je náhodná veličina rozdělena kolem své střední hodnoty symetricky či ne. Výběrový odhad koeficientu šikmosti je možné provést dle vztahu,

$$S_k = \sqrt{n} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - E(R_i))^3}{(\sum_{i=1}^n (R_i - E(R_i))^2)^{\frac{3}{2}}}. \quad (2.12)$$

Pokud by bylo rozdělení výnosů kolem jejich průměru dokonale souměrné, koeficient šikmosti by nabýval hodnoty nula. Pokud koeficient šikmosti nabývá kladných hodnot, je pravděpodobnostní rozdělení výnosů zešikmené vpravo, což znamená, že má delší pravý konec. Pokud koeficient šikmosti nabývá záporných hodnot, je pravděpodobnostní rozdělení výnosů zešikmené vlevo, což znamená, že má delší levý konec. Tyto situace znázorňuje obrázek 2.1. Pro investory by měl být nejdůležitější levý konec pravděpodobnostního rozdělení, neboť právě v něm jsou informace o možných velmi vysokých ztrátách.

Obrázek 2.1 Zešikmení pravděpodobnostního rozdělení vpravo a vlevo



Zdroj: Rachev (2005, s. 49)

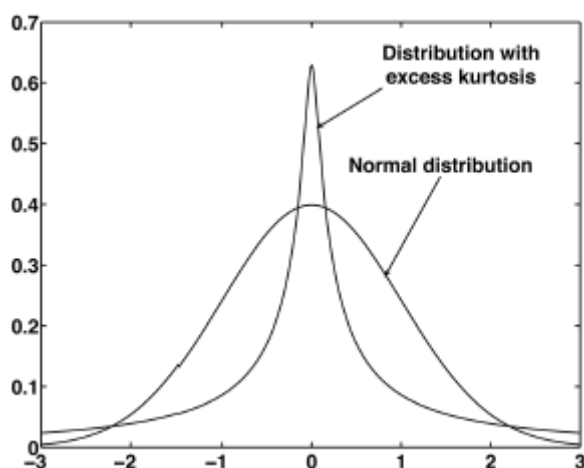
2.1.4 Špičatost

Pomocí koeficientu špičatosti je možné porovnat, jak se rozdělení pozorovaných výnosů podobá normálnímu rozdělení. Výběrový odhad koeficientu špičatosti se vypočítá dle vztahu,

$$S_p = n \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - E(R_i))^4}{(\sum_{i=1}^n (R_i - E(R_i))^2)^2}. \quad (2.13)$$

Hodnota koeficientu špičatosti pro normální rozdělení je 3. Pokud má koeficient špičatosti nižší hodnotu, je rozdělení pravděpodobnosti pozorovaných výnosů plošší než normální rozdělení. Pokud má koeficient špičatosti vyšší hodnotu, je rozdělení pravděpodobnosti naopak strmější než normální rozdělení a má tzv. těžké konce, což znamená, že je zde vyšší pravděpodobnost výskytu odlehklých hodnot. Tato situace je znázorněna na obrázku 2.3.

Obrázek 2.2 Špičatost pravděpodobnostního rozdělení



Zdroj: Rachev (2005, s. 55)

2.2 Míry rizika portfolia

Jak již bylo zmíněno výše, riziko lze obecně chápat jako určitou nahodilost příslušné budoucí hodnoty. Míry rizika lze pak obecně rozdělit na oboustranné a jednostranné. Zatímco oboustranné míry rizika penalizují pozitivní i negativní odchylky stejným způsobem (směrodatná odchylka), jednostranné míry rizika hodnotí pozitivní a negativní odchylky odlišně (VaR, CVaR, semivariance). V moderní teorii portfolia (mean-variance přístup) je obecně používanou mírou rizika rozptyl výnosů portfolia, respektive jejich směrodatná odchylka. Platí však, že různí investoři používají různé investiční strategie pro dosažení svých cílů. Z toho vyplývá určitá nepravděpodobnost toho, že by všichni investoři ve svém rozhodování používali jednu univerzální míru rizika. Od vytvoření moderní teorie portfolia Harrym Markowitzem v 50. letech minulého století uběhla dlouhá doba a bylo vytvořeno velké množství alternativních

ukazatelů pro měření rizika, které jsou později podrobně popsány. Jak uvedl ve své práci Balzer (2001), neexistuje žádná univerzální míra rizika pro všechny investory, nýbrž riziko je pro každého investora specifické. V návaznosti na to byly v jeho práci navrženy tři faktory, které by měly míry rizika zachycovat. Těmito faktory jsou:

- relativita,
- vícerozměrnost,
- asymetrie.

Relativita rizika znamená, že riziko investice by se mělo poměřovat vzhledem k alternativní investici či benchmarku. Balzer (2001) a Sortino se Satchellem (2001), navrhli, že riziko investice by mohlo být měřeno jako pravděpodobnost, že výnos z této investice spadne pod určitý benchmark. Tento benchmark by mohl být sám o sobě náhodnou proměnnou, tedy např. mírou inflace, bezriziková míra výnosu, výnos určitého sektoru či výnos alternativních investic. Každý z benchmarků je možné přizpůsobit cílům daného investora.

Faktor vícerozměrnosti znamená, že investoři často nesledují jenom jeden cíl, nýbrž několik a musí tedy používat více různých benchmarků.

Faktor asymetrie je spojen s většími obavami investorů z možných negativních odchylek od střední hodnoty výnosu než z odchylek pozitivních. Je proto zapotřebí, aby míry rizika odlišně hodnotily negativní a pozitivní odchylky od střední hodnoty výnosu.

Na následujících řádcích je uveden popis měř rizika, které jsou využívány v této práci. Jelikož byla směrodatná odchylka popsána na předchozích stránkách a postup jejího výpočtu pro historicky pozorované výnosy portfolia je stejný jako pro jedno aktivum (vztah (2.9)), nebude v této kapitole již zmiňována.

2.2.1 Value at Risk

Tato metoda hodnocení rizika je velmi rozvinutá a prakticky využívána ve finančních institucích po celém světě. Principem metody je, že převádí veškerá rizika na společného jmenovatele, a to změnu hodnoty portfolia aktiv. Ukazatel Value at Risk (dále jako VaR) ve své podstatě vyjadřuje maximální možnou ztrátu na dané hladině významnosti α za zvolené časové období Δt . Formálně lze VaR definovat dle vztahu,

$$VaR_{X,\alpha} = -\min\{x | \Pr(X \leq x) \geq \alpha\}, \quad (2.14)$$

z čehož vyplývá, že se jedná o zápornou hodnotu percentilu α pravděpodobnostního rozdělení náhodné veličiny X (zisku). Ziskem je v tomto případě myšlen výnos v peněžním vyjádření neboli součin aktuální hodnoty aktiva či portfolia a výnosu.

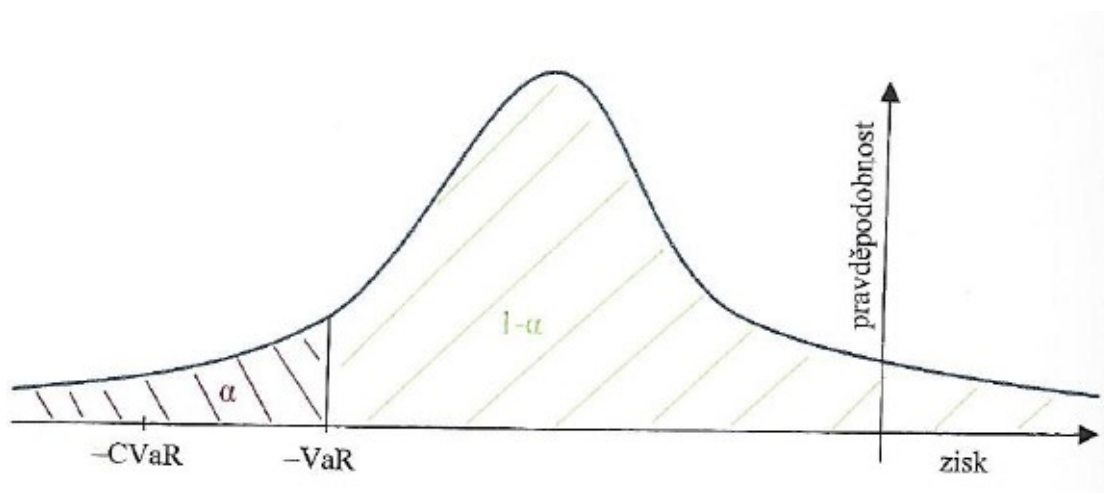
Při využití hodnoty VaR jako míry rizika lze kvantifikovat různé druhy rizik v peněžním vyjádření. V této práci je však pracováno pouze s historickými výnosy. VaR lze tedy určit jako zápornou hodnotu určitého percentilu pravděpodobnostního rozdělení výnosů. Z výše uvedené definice hodnoty VaR dle vzorce (2.14) vyplývá, že pravděpodobnost toho, že spojitá náhodná veličina X bude menší než záporná hodnota VaR, je α . To lze vyjádřit následujícím vztahem,

$$Pr(X \leq -VaR_{X,\alpha}) = \alpha. \quad (2.15)$$

Tento vztah ilustruje obrázek 2.4. Pro diskrétní náhodnou veličinu, tedy i diskrétní výnosy používané v této práci je však nutné upravit (2.15) na vztah,

$$Pr(X \leq -VaR_{X,\alpha}) \geq \alpha. \quad (2.16)$$

Obrázek 2.3 Value at Risk



Zdroj: Kresta (2016, s. 76)

Mezi nejčastěji používané hladiny významnosti α patří hodnoty 15 %, 5 %, 1 % a 0,5 %. Tato metoda je kritizována mnoha autory díky tomu, že hodnota VaR nevypovídá o rozdělení extrémních ztrát, které jsou větší než tato hodnota. Další kritice čelí VaR kvůli nesplňování podmínky subaditivity, která je vyžadována jako vlastnost koherentní míry rizika, jež byly definovány v Artzner a kol. (1997). Tato podmínka vyjadřuje, že pro dvě náhodné veličiny X a Y musí funkce rizikové míry ρ splňovat podmínku $\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$. To znamená, že se diverzifikací portfolia jeho riziko nezvyšuje. Platí však, že i přes výše zmíněnou kritiku je VaR stále používána v oblasti regulace finančních institucí.

2.2.2 Conditional Value at Risk

Jak již z názvu vyplývá, tato metoda je vypracována na základě předchozí metodiky VaR a vznikla za účelem odstranění jejích nedostatků. CVaR lze definovat jako střední hodnotu ztráty převyšující hodnotu VaR na dané hladině spolehlivosti. Jedná se o průměrnou ztrátu (záporný zisk) v případě, že tato ztráta bude vyšší než VaR. Tato míra rizika představuje odpověď na otázku, co se stane, když něco nepůjde dle očekávání a ztráta bude vyšší než VaR. CVaR je na rozdíl od VaR koherentní mírou rizika a lze ji tedy použít při optimalizaci portfolia. Formálně je míra CVaR definována vztahem,

$$CVaR_{X,\alpha} = -E(X | -X \geq VaR_{X,\alpha}). \quad (2.17)$$

2.2.3 Semivariance

Tato míra rizika funguje na stejném principu jako směrodatná odchylka, nicméně pomocí semivariance jsou měřeny pouze negativní odchylky od střední hodnoty výnosu. Tímto je odstraněn nedostatek směrodatné odchylky, která shodně penalizuje jak pozitivní, tak negativní odchylky od střední hodnoty. Výpočet semivariance portfolia lze provést dle vztahu,

$$\sigma_p^s = \frac{1}{N} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (R_{p-} - E(R_p))^2}, \quad (2.18)$$

kde N je počet negativních odchylek od střední hodnoty výnosu portfolia, R_{p-} představuje výnosy portfolia, které jsou menší než střední hodnota výnosu portfolia $E(R_p)$.

2.2.4 Průměrná absolutní odchylka (MAD)

Název této míry rizika pochází z anglického mean absolute deviation a v textu označována také jako MAD. Míra MAD je založena na absolutních odchylkách výnosů portfolia od jejich střední hodnoty, což je rozdíl oproti směrodatné odchylce, kde jsou tyto odchylky umocňovány na druhou a následně je jejich součet odmocněn. Oproti směrodatné odchylce je tak MAD méně ovlivňována odlehlými hodnotami. MAD portfolia se vypočítá dle vztahu,

$$MAD = E(|R_p - E(R_p)|). \quad (2.19)$$

2.2.5 Maximální pokles (MDD)

Míra MDD představuje maximální procentuální pokles hodnoty prostředků, kterému je investor během analyzovaného období vystaven. MDD lze určit z vývoje prostředků dle vztahu,

$$MDD = \max_{t \in (0,T)} \left[1 - \frac{W_t}{\max_{\tau \in (0,t)} W(\tau)} \right], \quad (2.20)$$

kde W_t představuje hodnotu prostředků v čase t , a $\max_{\tau \in (0,t)} W_{(\tau)}$ představuje maximální hodnotu prostředků mezi obdobími 0 až T .

2.3 Míry výkonnosti portfolia

Obecně lze charakterizovat míry výkonnosti jako určitý poměr mezi odměnou (ve většině případů se jedná o dodatečný výnos) a rizikem portfolia. Míry výkonnosti portfolia lze stejně jako míry rizika rozdělit do dvou kategorií na jednostranné a oboustranné dle toho, zda je odměna poměřována vůči jednostranné či oboustranné míře rizika. Jako typický příklad oboustranné míry výkonnosti portfolia lze uvést Sharpeho poměr, který je však poněkud nevhodný pro investory, kteří kvantifikují riziko pomocí jednostranných měřítek (VaR, CVaR). Tento nedostatek se více projevuje tím více, čím více je rozdělení výnosů zešikmené a s těžkými konci. Jako příklad míry výkonnosti využívající jednostrannou míru rizika lze uvést např. Rachevův poměr, který využívá metodologii CVaR pro odměnu a riziko. Tento poměr je spolu s dalšími mírami výkonnosti používanými v této práci popsán na následujících řádcích.

2.3.1 Sharpeho poměr

Sharpeho poměr patří mezi nejznámější a nejpoužívanější míry pro hodnocení výkonnosti portfolia. Tato míra výkonnosti poměřuje výkon portfolia oproti bezrizikové investici. Tento ukazatel je spjatý s tzv. mean-variance konceptem, protože bere v úvahu pouze střední hodnotu výnosu a směrodatnou odchylku. Princip tohoto ukazatele spočívá v odečtení výnosu bezrizikového aktiva od průměrného historického výnosu portfolia, načež je tento rozdíl podělen směrodatnou odchylkou portfolia. Sharpeho poměr tak investorům ukazuje, jak jsou kompenzováni za podstupované riziko. Platí, že vyšší hodnoty značí vyšší kompenzaci investorů za jejich podstupované riziko. Sharpeho poměr se vypočítá dle vztahu,

$$SR = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_{R_p - R_f}} = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_{R_p}} \quad (2.21)$$

kde $E(R_p)$ je střední hodnota výnosu portfolia, R_f představuje výnos bezrizikového aktiva a σ_p je směrodatnou odchylkou portfolia.

2.3.2 MAD poměr

Tato míra výkonnosti poměřuje dodatečný výnos portfolia ke střední hodnotě absolutní odchylky od střední hodnoty výnosu. MAD poměr se vypočítá dle vztahu,

$$MAD \text{ poměr} = \frac{E(R_p) - R_f}{E(|R_p - E(R_p)|)}. \quad (2.22)$$

2.3.3 Rachevův poměr

Tato míra výkonnosti poměřuje CVaR záporného dodatečného výnosu na zvolené hladině významnosti α a CVaR dodatečného výnosu na zvolené hladině významnosti β . Jinými slovy se jedná o poměr střední hodnoty možné odměny na pravém konci pravděpodobnostního rozdělení a možné ztráty z levého konce rozdělení. Rachevův poměr se vypočítá dle vztahu,

$$\rho(R_p) = \frac{CVAR_{\alpha}(R_f - R_p)}{CVAR_{\beta}(R_p - R_f)}, \quad (2.23)$$

kde α a β jsou hladiny významnosti z intervalu $(0,1)$. Jedná se o zobecnění STARR poměru, který je popsán v podkapitole 2.3.4. Rachevův poměr byl navržen v publikaci Rachev (2005).

2.3.4 STARR poměr

Tato míra výkonnosti poměřuje střední hodnotu dodatečného výnosu portfolia vůči CVaR dodatečného výnosu na zvolené hladině významnosti. STARR poměr se vypočítá dle vztahu,

$$STARR = \frac{E(R_p - R_f)}{CVAR_{\alpha}(R_p - R_f)}. \quad (2.24)$$

2.3.5 Sortino poměr

Tato míra výkonnosti je modifikací Sharpeho poměru. I zde je pracováno se střední hodnotou dodatečného výnosu portfolia, nicméně tato míra výkonnosti poměřuje dodatečný výnos portfolia vůči jeho semivarianci, tedy negativním odchylkám od střední hodnoty výnosu. Sortino poměr je vypočítán dle vztahu,

$$SP = \frac{E(R_p - R_f)}{\sigma_p^S}, \quad (2.25)$$

kde σ_p^S představuje semivarianci.

3 Popis modelu teorie portfolia

Výnos portfolia nezávisí pouze na výnosech jednotlivých aktiv, ale i na složení portfolia, tedy na relativních váhách jednotlivých aktiv v portfoliu. Investoři nemohou ovlivnit budoucí výnosy jednotlivých aktiv, neboť tyto výnosy jsou náhodnými veličinami. Mohou však ovlivnit očekávaný (budoucí) výnos portfolia jeho složením, tedy volbou vah, které jednotlivým aktivům v portfoliu přiřadí.

V následujících podkapitolách jsou popsány modely (strategie) využívané k optimalizaci akciového portfolia, které jsou v další části práce ověřeny na reálných datech. V souvislosti s těmito modely je zde také popsána teorie efektivních trhů a technická analýza.

Pro popisy modelů a s nimi souvisejících konceptů teorie efektivních trhů a technické analýzy je v této kapitole využito publikací: Aronson (2007), Benartzi a Thaler (2001), Demiguel a kol. (2007), Elton a kol. (2014), Fama (1970), Hartman (2014), Kirkpatrick a Dahlquist (2011), Kouaissah a kol. (2018), Kresta (2016), Markowitz (1952), Park a Irwin (2007), Veselá (2019) a Zmeškal a kol. (2013).

3.1 Teorie efektivních trhů a technická analýza

V této podkapitole je obsažen popis teorie efektivních trhů a jejích forem a v návaznosti na to také technické analýzy, s jejíž účinností je teorie efektivních trhů v přímém rozporu.

3.1.1 Teorie efektivních trhů

Ačkoli se myšlenka teorie efektivních trhů objevovala v literatuře již dříve, o její rozšíření se pravděpodobně nejvíce zasloužil článek Fama (1970). Základní myšlenkou teorie efektivních trhů je předpoklad, že do ceny podkladových aktiv jsou okamžitě absorbovány všechny nové informace. Neexistují tedy nadhodnocené ani podhodnocené cenné papíry. Pokud je trh efektivní, je nejlepším odhadem správné hodnoty cenného papíru jeho tržní cena. Základní předpoklady teorie efektivních trhů, které jsou uvedeny např. v publikaci Veselá (2019) jsou:

- ziskový motiv investorů, kteří okamžitě identifikují odchylky akciových kurzů od jejich vnitřní hodnoty,
- vysoce konkurenční trh, na kterém je velký počet nezávislých investorů,
- volný, nepřetržitý tok informací,
- kvalitní infrastruktura trhu a jeho vysoká likvidita,

- kvalitní právní legislativa zajišťující správný chod trhu.

Pokud je trh efektivní, cenné papíry okamžitě a skokově do své ceny zahrnují veškeré nové informace, které se na trhu objeví. Nové informace jsou zde brány jako náhodná veličina a nedá se tedy odhadnout kdy a v jaké podobě se objeví. Informace na trhu lze rozdělit do tří kategorií:

- historické veřejné informace, jako např. historické kurzy cenných papírů,
- nové veřejné informace,
- neveřejné informace.

Také platí, že pokud jsou nové informace ovlivňující kurzy cenných papírů náhodnou veličinou, musí se i samotný kurz pohybovat náhodně, nezávisle na svých předchozích hodnotách a následovat tzv. náhodnou procházku. Z toho vyplývá, že veškeré analýzy a obchodní strategie jsou zbytečné a žádný z investorů není schopen dlouhodobě dosahovat dodatečného výnosu. V literatuře jsou rozlišovány různé stupně tržní efektivnosti, konkrétně se jedná o slabou, středně silnou a silnou formu tržní efektivnosti. Formy tržní efektivnosti jsou uvedeny v publikaci Veselá (2019).

Formy tržní efektivnosti

A) Slabá forma

V případě slabé formy tržní efektivnosti se předpokládá, že kurz cenného papíru již absorboval veškeré historické informace. Investoři tedy nemohou na základě historických kurzů odhadovat jejich budoucí vývoj. Z toho vyplývá, že použití technické analýzy je neúčinné. Investoři však stále mohou dosahovat nadprůměrného výnosu pomocí využití fundamentální analýzy či neveřejných informací.

B) Středně silná forma

Ve středně silné formě odrážejí kurzy cenných papírů veškeré historické a zároveň i aktuální, současné veřejně dostupné informace. Veškeré informace o např. účetních zprávách společností, ekonomikách či politických událostech jsou již započteny v ceně a stávají se irelevantními. Z toho vyplývá, že jak technická, tak fundamentální analýza ztrácí význam a investoři mohou dosahovat nadprůměrného výnosu pouze použitím neveřejných informací.

C) Silná forma

Tato forma tržní efektivnosti uvažuje okamžité absorbování veškerých historických, veřejných i neveřejných informací do kurzu cenného papíru. Při této formě tržní efektivnosti

investoři nemohou za žádných okolností dosahovat nadprůměrných výnosů, neboť je trh plně efektivní.

Ačkoli nelze dle teorie efektivních trhů dosahovat dodatečného výnosu použitím technické analýzy, prakticky je naopak často využívána. Následující řádky jsou věnovány popisu a využití technické analýzy.

3.1.2 Technická analýza

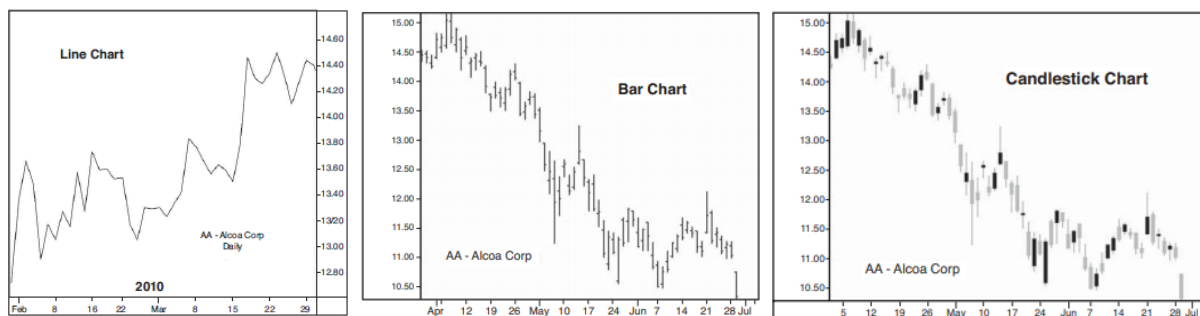
Hlavní princip technické analýzy spočívá ve studiu historického chování ceny investičního instrumentu a následné predikci směru, kterým se bude cena tohoto instrumentu pohybovat. Jinými slovy jde o sledování vývoje ceny na grafu a z tohoto vývoje se následně provádí odhad budoucího pohybu ceny. Technická analýza je využívána obchodníky napříč všemi trhy, ať už se jedná o akcie, měny či komodity. Na jejím základě lze vytvořit pravidla pro obchodní strategii, která budou generovat obchodní signály určující, zda koupit či prodat daný instrument. Technická analýza stojí na několika předpokladech, které jsou uvedeny v publikacích Hartman (2014) a Kirkpatrick a Dahlquist (2011):

- v ceně jsou již započteny veškeré dostupné informace,
- cena má tendenci pohybovat se v určitém trendu, tzn. že pokud se cena dlouhodobě pohybuje jedním směrem, je pravděpodobné, že tento směr zůstane zachován,
- historie má tendenci se opakovat, což znamená, že na cenových grafech se v průběhu času vyskytují opakující se tvary či formace, kterých lze využít pro obchodování.

Cenové grafy a jejich členění

Cenový graf ukazuje vývoj ceny instrumentu v čase – na vodorovné ose je zachyceno datum, svislá osa ukazuje cenu. Cenové grafy mohou mít také různé časové rámce. Mezi běžně využívané časové rámce patří týdenní, denní, ale třeba i minutový. Kromě časových rámců se cenové grafy rozlišují dle způsobu zakreslení ceny na grafu. Mezi nejpoužívanější grafy patří čárový, sloupcový a svíčkový graf. Tyto grafy jsou zobrazeny na obrázku 3.1 na další straně.

Obrázek 3.1 Čárový, sloupcový a svíčkový graf

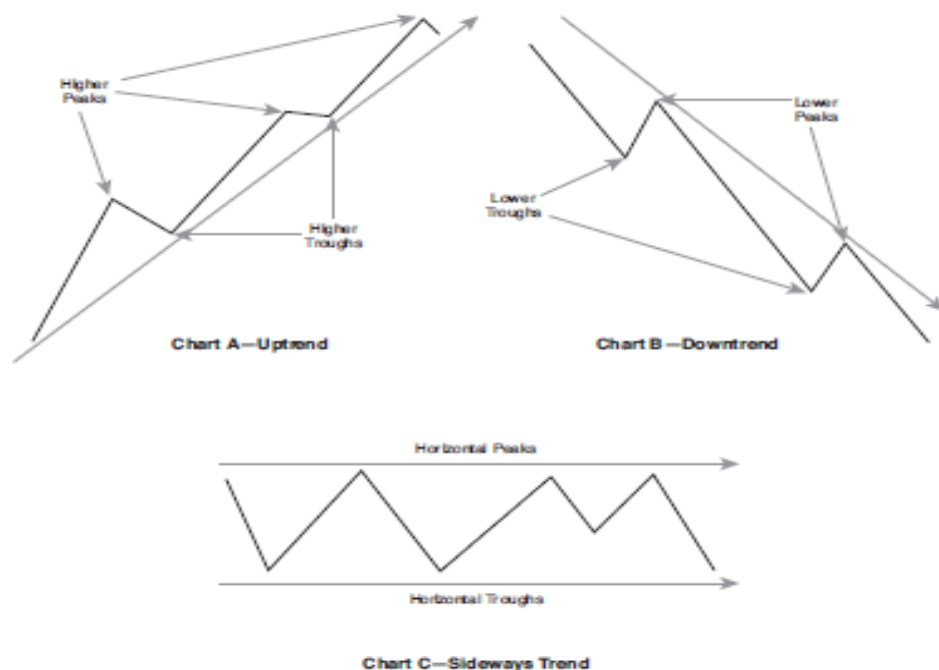


Zdroj: Kirkpatrick a Dahlquist (2011, s. 207-212)

Trendová analýza

Za pravděpodobně nejdůležitější termín technické analýzy lze označit slovo trend. Trend je možné definovat jako určitý obecný směr, kterým se cena na trhu pohybuje. Trend se rozděluje na býčí (rostoucí) a medvědí (klesající). Rostoucí trend značí růst cen na daném trhu, zatímco klesající ukazuje na jejich pokles. V případě, že se cena pohybuje spíše do strany, lze hovořit o období bez trendu. Obrázek 3.2 ukazuje rostoucí a klesající trend a také období bez trendu.

Obrázek 3.2 Rostoucí, klesající trend a období bez trendu



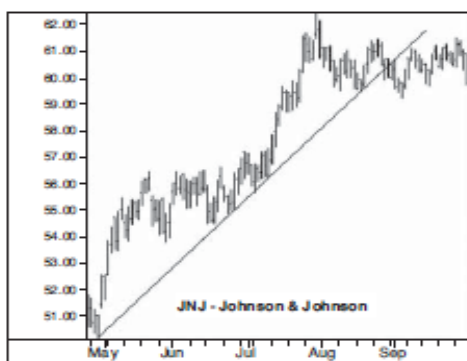
Zdroj: Kirkpatrick a Dahlquist (2011, s. 12)

V publikaci Hartman (2014) je uvedeno, že trendy je dále možné dělit na primární, sekundární a vedlejší:

- primární trend je hlavním trendem na trhu – zjednodušeně řečeno se jedná o hlavní směr, kterým se cena na trhu pohybuje,
- sekundární trend jde naopak proti primárnímu trendu – jedná se o jeho korekci. Významnou charakteristikou sekundárního trendu je fakt, že jeho pohyby jsou často volatilnější než pohyby v rámci primárního trendu,
- vedlejší trend je korekčním pohybem v rámci sekundárního trendu, což znamená, že je pohybem, který jde proti směřování sekundárního trendu.

Pro zachycení trendu do grafu jsou technickými obchodníky využívány tzv. trendové čáry. Trendové čáry patří mezi velmi používané formy technické analýzy. Trendová čára je přímka zakreslená do grafu přes významné vrcholy nebo dna cenového rozpětí. Jsou důležitým pomocníkem při určování vývoje, platnosti trendu a pomáhají analyzovat sílu a poměr změny ceny během daného časového období. Ve vzestupném trendu se kreslí trendová čára pod cenami a v sestupném trendu nad cenami. Obrázek 3.3 ukazuje zakreslení trendové čáry v rostoucím trendu.

Obrázek 3.3 Trendová čára



Zdroj: Kirkpatrick a Dahlquist (2011, s. 240)

Technické indikátory

Indikátor je matematickým výpočtem, který lze aplikovat na cenu daného měnového páru. Výsledkem je hodnota, která se používá k odhadu budoucích změn ceny. Indikátory lze rozdělit na tři základní typy – trendové indikátory, oscilátory a predikující indikátory.

Trendové indikátory slouží k určení směru trendu. Fungují tak, že spočítají data pomocí matematického vzorce a vytvoří indikátor (neboli křivku). Na základě vlastností této křivky, jako jsou např. tvar, délka, směr nebo hodnota, se určí směr a kvalita trendu daného instrumentu.

Nejčastěji bývají tyto indikátory postavené na nějakém klouzavém průměru a jejich úkolem je najít začátek a konec trendu.

Oscilátory slouží hlavně k určení síly a rychlosti, jakou se cena daného měnového páru pohybuje. Oscilátory předpokládají, že síla pohybu může být změřena a díky tomu je možné určit rychlost nebo směr cenové změny.

Predikující indikátory jsou založeny na tom, že většina trhů má tendenci pohybovat se cyklicky a v opakujících se intervalech. Mezi predikující indikátory patří např. Pivot Pointy, Fibonacci či Eliottovy vlny.

Na následujících řádcích jsou popsány klouzavé průměry, které jsou využívány k tvorbě modelu založeného na technické analýze.

Klouzavé průměry

V praxi se řadí klouzavé průměry (v textu také jako MA) mezi jedny z nejpoužívanějších indikátorů technické analýzy. Lze je aplikovat na jakoukoli sadu dat, ať už se jedná o otevírací či zavírací ceny instrumentu či jeho jiné cenové charakteristiky. Je také možné využít klouzavý průměr jiného klouzavého průměru. Existuje více druhů klouzavých průměrů, a to:

- jednoduchý klouzavý průměr (MA),
- exponenciální klouzavý průměr (EMA),
- vážený klouzavý průměr (WMA),

Mezi hlavní výhody klouzavého průměru patří jeho rychlý a snadný výpočet (např. pro jednoduchý klouzavý průměr s periodou 10 stačí sečíst posledních 10 cen a stejným číslem tento součet podělit) a také jeho jednoduché použití. Nejpoužívanějšími klouzavými průměry jsou jednoduché a exponenciální. Zatímco jednoduchý klouzavý průměr přikládá všem cenám stejnou váhu, exponenciální průměr přiřazuje vyšší váhu aktuálním cenám. Klouzavé průměry s delší periodou jsou na cenovém grafu více vyhlazené a jsou méně ovlivněny jednotlivými cenovými pohyby. Klouzavé průměry s kratší periodou jsou naopak na cenovém grafu více křivé a více je ovlivňují jednotlivé cenové pohyby. Kratší klouzavé průměry také dokážou rychleji zachytit případný obrát trendu ceny, nicméně díky své větší citlivosti na jednotlivé cenové pohyby jsou méně spolehlivé a poskytují větší množství falešných signálů pro vstup do obchodu. V případě využití jednoho klouzavého průměru jsou signály pro vstup do pozice následující:

- pokud cena překříží svůj klouzavý průměr zespodu, obchodník vstupuje do dlouhé pozice,

- pokud cena překříží svůj klouzavý průměr shora, obchodník vstupuje do krátké pozice.

Dále je také možné využít více klouzavých průměrů a jejich křížení, na čemž je založen i model, který je ověřován v této práci. Signály pro vstup do pozice jsou následující:

- pokud klouzavý průměr s kratší periodou překříží klouzavý průměr s delší periodou zespodu, obchodník vstupuje do dlouhé pozice,
- pokud klouzavý průměr s kratší periodou překříží klouzavý průměr s delší periodou shora, obchodník vstupuje do krátké pozice.

Na výše uvedených signálech dle křížení klouzavých průměrů je založen model, který je ověřován v praktické části práce. Popis tohoto modelu je v podkapitole 3.4.1.

3.1.3 Teorie efektivních trhů versus technická analýza

Ačkoli je technická analýza často využívána praktiky, v akademických kruzích ohledně jejího použití panuje spíše skeptický názor. Predikční síla pravidel technické analýzy je testována při testování slabé formy tržní efektivnosti, nicméně v akademických kruzích neexistuje konsenzus na úspěšnost těchto metod a tím pádem ani na tržní efektivnost. Existuje velké množství studií, které podporují využívání technické analýzy, nicméně je zde také velké množství studií, které vyvracejí ziskovost strategií vytvořených na základě jejich pravidel. Článek Park a Irwin (2007) shrnuje moderní studie ohledně využití technické analýzy (publikované v letech 1988 až 2004) s nejednoznačnými výsledky. Z 95 studií jich 56 podporuje využití technické analýzy, 20 z nich její využití odmítá a 19 z nich vykazuje smíšené výsledky. Autoři taktéž zjistili, že mnoho z těchto studií trpí nedostatky v postupech testování a jejich výsledky jsou tak zkreslené.

Praktikové pro obhajobu technické analýzy často využívají příkladu úspěšných obchodníků, kteří dosáhli používáním metod technické analýzy nadprůměrných výnosů. Ziskovost těchto obchodníků se však dá vysvětlit vlivem nahodilosti, kdy na jednoho úspěšného obchodníka připadá obrovské množství neúspěšných, o kterých se však nikdo nedozví. Tím vzniká tzv. klam přeživších. Vzhledem k tomu, že nelze účinnost technické analýzy spolehlivě potvrdit ani vyvrátit, je při jejím používání nutné nastavit objektivní pravidla pro vstup do pozice, která vychází pouze z informací známých před tímto vstupem, nedopouštět se zkreslení výsledků vlivem dolování dat a také zahrnovat transakční náklady.

3.2 Naivní strategie 1/N

Tato strategie představuje rovnoměrné rozložení prostředků do všech akciových titulů. Ačkoli je strategie velmi jednoduchá a nenáročná na provedení, nevykazuje špatné výsledky a je používána v praxi mnoha investory. Strategie nevyžaduje žádnou optimalizaci, jelikož váhy akcií v portfoliu jsou určeny nezávisle na minulých pozorováních. Vzhledem ke své jednoduchosti a nízkým nákladům na její implementaci je vhodné strategii používat také jako benchmark pro akademiky, kteří mají za úkol navrhovat nové modely optimalizace portfolia, tak i pro manažery, kteří aktivně spravují investiční fondy. Matematicky se dá tato strategie formulovat dle vztahu,

$$w_i = 1/N, \quad (3.1)$$

kde w_i je váha i -tého aktiva v portfoliu a N představuje počet aktiv v portfoliu.

3.3 Mean-variance modely

Tyto modely patří mezi základy moderní teorie portfolia, které položil Harry Markowitz v roce 1952 a byl za ně oceněn Nobelovou cenou za ekonomii. Jak plyne z jejich názvu, mean-variance modely se omezují pouze na dva parametry pravděpodobnostního rozdělení výnosu portfolia, a to na očekávaný výnos portfolia a jeho rozptyl. Zatímco v předchozích částech práce bylo pracováno s historickými výnosy, v mean-variance modelech se pracuje s výnosy očekávanými, které jsou modelovány do budoucna. Mean-variance modely vycházejí z následujících předpokladů, které uvádí např. Kresta (2016, s. 116):

- „model je statický – uvažujeme investiční horizont, během něhož je struktura portfolia neměnná,
- investor uvažuje racionálně a je rizikově averzní – tedy požaduje co nejvyšší očekávaný výnos a co nejnižší riziko (rozptyl výnosu),
- riziko portfolia může být zastoupeno rozptylem pravděpodobnostního rozdělení výnosu,
- výnosy aktiv mají sdružené normální rozdělení,
- uvažujeme efektivní trhy, neuvažujeme transakční náklady a daně,
- uvažujeme nekonečnou dělitelnost aktiv – prostředky, kterými investor disponuje, lze tedy rozdělit mezi aktiva v jakémkoli poměru.“

V případě, že je portfolio složeno z n aktiv, lze očekávaný výnos portfolia R_p určit dle následujícího vztahu,

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n E(R_i) \cdot x_i, \quad (3.2)$$

kde $E(R_i)$ představuje očekávaný výnos i -tého aktiva v portfoliu a x_i představuje podíl i -tého aktiva v portfoliu. Rozptyl portfolia σ_p^2 je možné vypočítat dle vztahu,

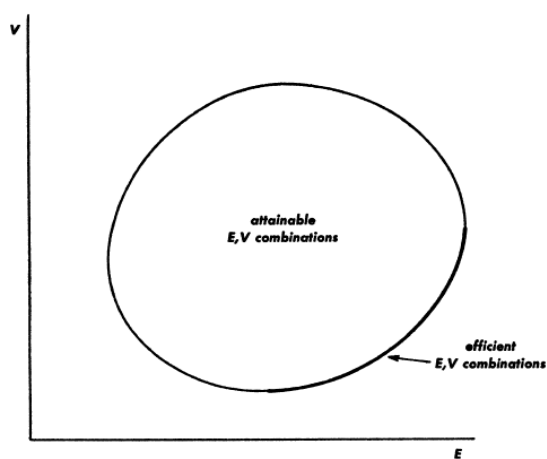
$$\sigma_p^2 = x^T \times Q \times x = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i \cdot \sigma_{i,j} \cdot x_j. \quad (3.3)$$

kde x_i představuje podíl i -tého aktiva v portfoliu, Q je kovarianční matice složená z kovariancí $\sigma_{i,j}$ a x_j představuje podíl j -tého aktiva v portfoliu. Směrodatná odchylka portfolia je následně určena dle vztahu,

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2}. \quad (3.4)$$

Investor je na základě výše uvedených vztahů schopen vytvořit množinu portfolií, které je nazývána jako tzv. přípustná množina. Tato množina obsahuje všechny kombinace výnosu a rozptylu, kterých je schopen investor při tvorbě portfolia dosáhnout. Přípustná množina portfolií je vyobrazena na obrázku 3.4. Písmeno E na vodorovné ose označuje očekávaný výnos portfolia, písmeno V na svislé ose jeho rozptyl.

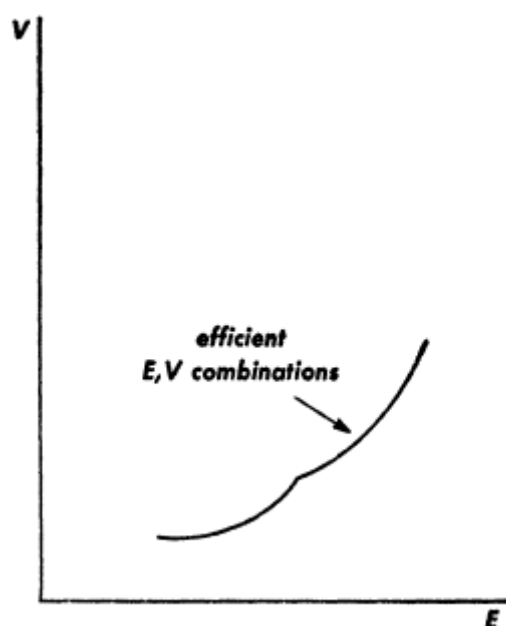
Obrázek 3.4 Přípustná množina portfolií



Zdroj: Markowitz (1952, s. 82)

Některá portfolia v přípustné množině jsou však pro investora nežádoucí, neefektivní. Děje se tak v případě, kdy při stejném očekávaném výnosu lze dosáhnout u jiných portfolií nižšího rozptylu, nebo pokud lze při stejném rozptylu portfolií dosáhnout vyššího očekávaného výnosu u jiného portfolia. Díky předpokladu racionality investorů (tedy preferování co nejvyššího očekávaného výnosu a co nejnižšího rizika) jsou tato portfolia pro investory neefektivní. Mezi efektivní portfolia patří ta, u kterých nelze zlepšit jeden parametr, aniž by došlo ke zhoršení parametru druhého. Tato portfolia dohromady tvoří tzv. efektivní množinu portfolií. Efektivní množina portfolií je ukázána na obrázku 3.5.

Obrázek 3.5 Efektivní množina portfolií



Zdroj: Markowitz (1952, s. 88)

Při vytváření efektivní množiny je nejprve nutné určit dvě zvláštní portfolia, a to portfolio s minimálním rozptylem (rizikem) a portfolio s maximálním očekávaným výnosem. Pro výpočet portfolií s minimálním rozptylem, maximálním výnosem a také pro efektivní portfolia, která se nacházejí ve vnitřních ekvidistantních bodech mezi těmito portfolii jsou v následující podkapitole popsány optimalizační úlohy, které jsou definovány dle publikace Zmeškal a kol. (2013).

3.3.1 Optimalizační úlohy Markowitzova modelu

Pro vytvoření prvního portfolia s minimálním rizikem je optimalizační úloha definována dle vztahů,

$$\begin{cases} \sigma_p \rightarrow \min. \\ \sum_i x_i = 1 \\ x_i \geq 0 \end{cases} \quad (3.4)$$

kde účelová funkce $\sigma_p \rightarrow \min.$ vyjadřuje v této úloze hledanou minimální směrodatnou odchylku portfolia. Podmínkou $\sum_i x_i = 1$ je stanoveno, že součet všech relativních podílů x_i je roven 1 a tudíž je možné investovat pouze tolik prostředků, kolik je k dispozici. Podmínka $x_i \geq 0$ je podmínka nezápornosti, jelikož není dovolen krátký prodej.

Následná úloha pro výpočet portfolia s maximálním výnosem je definována dle vztahů,

$$\begin{cases} E(R_p) \rightarrow \max \\ \sum_i x_i = 1 \\ x_i \geq 0 \end{cases} \quad (3.5)$$

kde účelová funkce $E(R_p) \rightarrow \max$ v této úloze vyjadřuje maximalizaci hodnoty očekávaného výnosu portfolia při daných omezujících podmínkách. Podmínky $\sum_i x_i = 1$ a $x_i \geq 0$ jsou shodné s úlohou pro portfolio s minimálním rozptylem.

Formulace úloh pro portfolia ve vnitřních ekvidistantních bodech je definována dle vztahů,

$$\begin{cases} \sigma_p \rightarrow \min \\ \sum_i x_i = 1 \\ x_i \geq 0 \\ E(R_p) = E(R_{p-\text{generované}}) \end{cases} \quad (3.6)$$

kde účelová funkce $\sigma_p \rightarrow \min$ znázorňuje minimalizaci rizika směrodatné odchylky efektivního portfolia. Podmínky $\sum_i x_i = 1$ a $x_i \geq 0$ jsou stejné jako v předchozích úlohách. Podmínka $E(R_p) = E(R_{p-\text{generované}})$ zajišťuje, že očekávaný výnos efektivního portfolia $E(R_p)$ bude odpovídat požadované střední hodnotě výnosu $E(R_{p-\text{generované}})$ v ekvidistantním bodě stanoveném předem.

Propočet ekvidistantního intervalu středního výnosu portfolií je definován dle vztahu,

$$\text{ekvidistantní interval} = \frac{E(R_{P_{\max}}) - E(R_{P_{\min}})}{n-1}. \quad (3.7)$$

kde $E(R_{P_{\max}})$ je výnos portfolia s maximálním výnosem a $E(R_{P_{\min}})$ je výnos portfolia s minimálním rizikem a n značí celkový počet portfolií tvořících efektivní množinu (Zmeškal, 2013).

Markowitzův model lze rozšířit o předpoklad, že existuje bezrizikové aktivum, které je možné neomezeně zařadit do portfolia, v němž se tedy připouští neomezené investování do bezrizikového aktiva nebo krátký prodej. Toto rozšíření je možné provést v několika variantách, které byly popsány v Zmeškal a kol. (2013, s. 114):

- „Bezrizikové aktivum je možné pouze zapůjčovat.
- Bezrizikové aktivum je přípustné pouze vypůjčovat.
- Je přípustné zapůjčovat i vypůjčovat bezrizikové aktivum za stejnou bezrizikovou sazbu. Je potřeba poznamenat, že se jedná vlastně o model CAPM (Sharpeho-Lintnerův model).
- Je přípustné zapůjčovat i vypůjčovat za bezrizikové sazby, tyto sazby jsou však odlišné.

Zmeškal a kol. (2013, s. 114) dále uvádí, že „*důležitým pojmem je tzv. tržní portfolio skládající se ze všech rizikových aktiv na trhu, jejichž dílčí podíl v tržním portfoliu odpovídá rovnovážné hodnotě jejich tržní kapitalizace. Toto portfolio je optimálním portfoliem pro investora investujícího do všech rizikových aktiv, která jsou na trhu, a s averzním postojem k riziku, neboť je dosahováno maximálního poměru dodatečného očekávaného výnosu (riziková prémie) a rizika (směrodatná odchylka). Pokud je investováno pouze do některých rizikových aktiv, která jsou na trhu, pak je opět možné najít optimální portfolio z těchto aktiv, neboť je opět dosahováno maximálního poměru dodatečného očekávaného výnosu a rizika. Toto portfolio se však nazývá tangenciální portfolio. Tržní portfolio je tedy tangenciálním portfoliem pro případ, že je rizikové portfolio tvořeno rovnovážně všemi rizikovými aktivy na trhu a dominuje tangenciální portfolio, což znamená, že je dosahováno největšího poměru dodatečného očekávaného výnosu a rizika.*“

Optimalizační úlohu pro vytvoření tangenciálního portfolia lze definovat podle následujících vztahů,

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E(R_M) - R_F}{\sigma_M} \rightarrow \max \\ x_F + \sum_k x_k = 1 \\ x_k \geq 0 \\ x_F = 0 \\ E(R_M) = \sum_{i=1}^{N+1} x_i \cdot E(R_i) \\ var(R_M) = \sum_{i=1}^{N+1} \sum_{j=1}^{N+1} x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j = \vec{x}^T \cdot \mathbf{Q} \cdot \vec{x} \\ \sigma_M = \sigma(R_M) = \sqrt{var(R_M)} \end{array} \right. \quad (3.8)$$

kde symbolem x_k je označován podíl rizikového aktiva, x_F je podíl bezrizikového aktiva a symbolem x_i (x_j) je označeno jak rizikové, tak bezrizikové aktivum. Vektor \vec{x} a kovarianční matice \mathbf{Q} obsahuje všechna aktiva včetně bezrizikového a jejich vzájemný vztah. Účelová funkce $\frac{E(R_M) - R_F}{\sigma_M} \rightarrow \max$ vyjadřuje maximalizace poměru rizikové prémie a směrodatné odchylky efektivního portfolia, podmínka $x_F + \sum_k x_k = 1$ představuje strukturu investování a přípustnou množinu investičních variant, podmínka $x_k \geq 0$ zajišťuje, že je možno pouze zapůjčovat a podmínka $x_F = 0$ znemožňuje zařadit do portfolia bezrizikové aktivum.

V této práci je ověřována strategie na základě výše popsaných optimalizačních úloh pouze portfolio s minimálním rizikem a tangenciální portfolio. Strategie s portfolií dle ostatních optimalizačních úloh zde nejsou zkoumány z důvodu komplikovanosti a časové náročnosti výpočtů v programu MS Excel.

3.4 Modely využívající technickou analýzu

Pomocí nástrojů technické analýzy a jejich kombinací lze vytvořit nepřeberné množství strategií, které mohou sloužit k optimalizaci akciového portfolia. V této práci je ověřován model využívající jednoho z nejpopulárnějších nástrojů technické analýzy, a to klouzavých průměrů a jejich křížení.

Model založený na křížení MA byl testován v publikaci Kouaissah a kol. (2018). Cílem autorů publikace bylo poskytnout teoretický rámec pro využití klouzavých průměrů v optimalizaci akciového portfolia a následně otestovat strategii, která je založená na jejich křížení. Dále zde byly testovány strategie, v nichž bylo využito křížení MA jako určitého indikátoru (alarmu) pro zachycení přítomnosti systémového rizika na trhu. Použití klouzavých průměrů jako indikátoru přítomnosti systémového rizika je postaveno na předpokladu, že pokud u více než 75 % akcií ukazuje překřížení klouzavých průměrů na klesající cenový trend (hodnota MA s kratší periodou je nižší než hodnota MA s delší periodou), je na trhu přítomno systémové riziko a investor by měl z trhu okamžitě vystoupit neboli odprodat veškeré nakoupené akcie. Tyto strategie byly ověřovány na americkém indexu S&P 500 v období od 1.ledna 2000 do 10. ledna 2015 a pro výpočty byly použity denní zavírací ceny. U každé kombinace klouzavých průměrů bylo portfolio rebalancováno v 15denních intervalech.

Výsledky zkoumání ukázaly, že strategie s tzv. alarmem obecně vykazovaly lepší výsledky než strategie bez alarmu či samotný index S&P 500, který vykazoval nejhorší výsledky ze všech strategií viz Kouaissah a kol. (2018). Dále se také ukázalo, že rozdělení pravděpodobnosti historických výnosů jednotlivých portfolií vykazovala silnou špičatost, což ukazuje na výskyt těžkých konců u těchto rozdělení. Strategie postavená na výše popsaných principech je ověřována také v této práci. Výsledky ověřování uvedené v kapitole 4.4 lze považovat za určité volné rozšíření původní práce, neboť je zde strategie ověřována na jiném trhu, v odlišném časovém období a také s jinými kombinacemi klouzavých průměrů.

3.4.1 Model založený na klouzavých průměrech

Jak již bylo řečeno, technická analýza využívá různé nástroje, které slouží ke generování signálů k nákupu či prodeji. V tomto modelu jsou signály k nákupu či prodeji generovány na základě překřížení klouzavých průměrů s různě dlouhými periodami. Cílem strategie je odhad budoucího trendu, ve kterém se bude cena pohybovat, avšak bez konkrétní výše cenového růstu či poklesu. Základním pravidlem je, že investor se chce pohybovat v souladu s tímto trendem a snaží se do něj vstoupit na jeho počátku a setrvat v něm až do jeho skončení. Trend je dán

překřížením klouzavých průměrů. Výpočet klouzavého průměru s krátkou periodou (n) a klouzavého průměru s dlouhou periodou (N) je dán dle vztahů,

$$MA_{n,T} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} x_{T-i}}{n} \quad (3.9)$$

$$MA_{N,T} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} x_{T-i}}{N} \quad (3.10)$$

kde x_T je cena akcie v čase T , zatímco n a N jsou počet period krátkého, respektive dlouhého klouzavého průměru.

V případě, že klouzavý průměr s kratší periodou překříží klouzavý průměr s delší periodou zespodu, překřížení značí rostoucí trend a vzniká obchodní signál k nákupu. V případě opačné situace, kdy klouzavý průměr s kratší periodou překříží klouzavý průměr s delší periodou shora, překřížení značí klesající trend a vzniká obchodní signál k odprodání nakoupených akcií. To se dá formálně zapsat jako,

$$\text{Když } MA_{n,T}(x) > MA_{N,T}(x) \wedge MA_{n,T-1}(x) \leq MA_{N,T-1}(x) \rightarrow \text{nákup v čase } T, \quad (3.11)$$

$$\text{Když } MA_{n,T}(x) < MA_{N,T}(x) \wedge MA_{n,T-1}(x) \geq MA_{N,T-1}(x) \rightarrow \text{prodej v čase } T. \quad (3.12)$$

Existuje téměř neomezený počet kombinací period klouzavých průměrů a úspěch strategie v podstatné míře závisí na zvolené kombinaci. Pro tuto práci byly vybrány kombinace $(n, N) = [(5, 10), (5, 25), (5, 50), (5, 100), (10, 25), (10, 50), (10, 100), (25, 50), (25, 100), (50, 100)]$. Je třeba zmínit, že v modelu není povolena možnost krátkého prodeje. Do všech akcií v portfoliu budou vloženy prostředky rovnoměrně dle naivního přístupu.

Dále je také ověřován model s přidaným tzv. alarmem. Alarmem se rozumí dodatečná podmínka, která říká, že pokud bude u více než 75 % akcií $MA_{n,T}(x) < MA_{N,T}(x)$, dojde k odprodání celého portfolia. Tato dodatečná podmínka je založena na výše zmíněném předpokladu, že pokud je u většiny akcií klouzavý průměr s delší periodou nad klouzavým průměrem s kratší periodou, je na trhu přítomno systémové riziko a není vhodné investovat do jakéhokoli aktiva.

4 Ověření modelu na reálných datech

Zatímco v předchozích kapitolách jsou vymezeny míry výkonnosti a rizika portfolia a také jednotlivé modely teorie portfolia, v této části práce jsou již jednotlivé modely ověřovány na reálných datech pomocí programu MS Excel.

Tato kapitola je rozdělena do pěti částí. V první části jsou popsány časové řady dat a vypočteny základní charakteristiky jednotlivých akcií. Druhá část je věnována ověřování výkonnosti naivní strategie a pro doplnění také samotného indexu DAX. Ve třetí části je ověřena výkonnost tzv. strategie s minimálním rizikem a tangenciálního strategie. Čtvrtá část se zabývá ověřením výkonnosti modelu založeného na křížení klouzavých průměrů. V poslední páté části je provedeno souhrnné srovnání veškerých dosažených výsledků. U každého modelu je také před ověřením výkonnosti uveden podrobný postup, pomocí něž ověřování probíhalo.

4.1 Popis dat a výpočet základních charakteristik akcií

Pro tuto práci jsou používána data z německého akciového indexu DAX (Deutscher Aktienindex). Dle oficiálních internetových stránek je DAX hlavní německý akciový index, který sleduje výkonnost 30 největších a nejlikvidnějších společností (tzv. blue-chips), jež jsou zařazeny na Frankfurtské Burze cenných papírů. DAX patří mezi nejvýznamnější evropské akciové indexy a je považován za benchmark pro německý akciový trh. Váha jednotlivých společností v indexu je určována dle jejich tržní kapitalizace. Akcie zařazené v indexu představují zhruba 80 % celkové tržní kapitalizace všech německých akciových společností. Jako příklad významných společností zařazených v indexu lze uvést automobilky Volkswagen či BMW, oděvní firmu adidas nebo farmaceutickou společnost Bayer. V dalším textu jsou akcie jednotlivých společností označovány jejich zkratkami. V tabulce 4.1 je zobrazen přehled společností, které jsou zařazeny v akciovém indexu DAX.

Tabulka 4.1 Přehled společností zařazených do indexu DAX

Název společnosti	Zkratka	Název společnosti	Zkratka
adidas AG	ADS.DE	Fresenius Medical Care AG & Co. KGaA	FME.DE
Allianz SE	ALV.DE	Fresenius SE & Co. KGaA	FRE.DE
BASF SE	BAS.DE	HeidelbergCement AG	HEI.DE
Bayer Aktiengesellschaft	BAYN.DE	Henkel AG & Co. KGaA	HEN3.DE
Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft	BMW.DE	Infineon Technologies AG	IFX.DE

Beiersdorf Aktiengesellschaft	BEI.DE	Linde plc	LIN.DE
Continental Aktiengesellschaft	CON.DE	MERCK Kommanditgesellschaft auf Aktien	MRK.DE
Covestro AG	1COV.DE	Munchener Ruckversicherungs-Gesellschaft Aktiengesellschaft	MUV2.DE
Daimler AG	DAI.DE	RWE Aktiengesellschaft	RWE.DE
Deutsche Bank Aktiengesellschaft	DBK.DE	SAP SE	SAP.DE
Deutsche Borse AG	DB1.DE	Siemens Aktiengesellschaft	SIE.DE
Deutsche Lufthansa AG	LHA.DE	thyssenkrupp AG	TKA.DE
Deutsche Post AG	DPW.DE	Volkswagen AG	VOW3.DE
Deutsche Telekom AG	DTE.DE	Vonovia SE	VNA.DE
E.ON SE	EOAN.DE	Wirecard AG	WDI.DE

Zdroj: Yahoo (2020), vlastní zpracování

Data jsou převzata z internetových stránek Yahoo (2020). Časové řady dat jsou brány za období od 1. května 2005 do 2. března 2020, což je celkem 3854 datových bodů. Jedná se o denní zavírací ceny v eurech, které jsou upraveny o dividendy a štěpení akcií. Pro realistickou variantu modelu založeného na křížení klouzavých průměrů jsou použity takto upravené otevírací ceny, které však nebyly u poskytovatele dat k dispozici a musely být dopočítány dle vztahu,

$$\text{upravená otevírací cena} = \text{otevírací cena} + \text{upravená zavírací cena} - \text{zavírací cena}. \quad (4.1)$$

Některé akciové tituly jsou zařazeny do výpočtů později z důvodů nedostatečné délky historických časových řad. Konkrétně se jedná o akcie se zkratkami 1COV.DE (zařazena 6. října 2015), FRE.DE (zařazena 18. června 2012), VNA.DE (zařazena 11. července 2013) a WDI.DE (zařazena 18. června 2012). Akcie se zkratkou LIN.DE je vyřazena z důvodu chybných datových údajů.

Z časových řad jednotlivých akcií jsou dopočítány jejich základní charakteristiky v období od 24. května 2005 do 2. března 2020, kterými jsou průměrný roční výnos jednotlivých akcií, jeho směrodatná odchylka, šikmost a špičatost výnosů, minimální a maximální výnosy a také medián výnosů. Výsledné charakteristiky akcií jsou zobrazeny v tabulce 4.2. V prvním sloupci tabulky je vypočítán průměrný roční výnos jednotlivých akcií. Pro jeho určení je nejprve nutné spočítat diskrétní výnosy akcií pro jednotlivé dny, což je v programu MS Excel provedeno vložení vzorce pro jejich výpočet dle vztahu (2.1), z nichž jsou poté dle vztahu (2.6) spočítány průměrné denní výnosy, které jsou následně převedeny na roční bázi dle (2.4). Dále je spočtena nejprve denní směrodatná odchylka výnosů pomocí funkce SMODCH.P, která se následně převede na roční bázi pomocí vztahu (2.11). V dalších sloupcích tabulky je spočítána šikmost a špičatost výnosů pomocí funkcí SKEW a KURT, načež je určen medián

výnosů funkcí MEDIAN a také jsou vyhledány minimální a maximální výnosy pomocí funkcí MIN a MAX.

Tabulka 4.2 Charakteristiky historických výnosů akcií

Zkratka	Výnos	Smodch	Medián	Šikmost	Špičatost	Min	Max
_CON.DE	5,52 %	39,69 %	0,03 %	0,6195	12,4008	-20,36 %	26,98 %
1COV.DE	8,48 %	30,68 %	0,08 %	-0,5032	4,3058	-15,56 %	8,15 %
ADS.DE	16,02 %	28,16 %	0,00 %	0,2118	7,0546	-15,37 %	13,66 %
ALV.DE	9,67 %	30,41 %	0,06 %	1,0874	19,9506	-14,09 %	26,24 %
BAS.DE	9,49 %	27,66 %	0,06 %	0,3427	9,2717	-13,65 %	19,29 %
BAYN.DE	8,94 %	28,75 %	0,00 %	0,8275	17,1832	-11,01 %	26,87 %
BEI.DE	10,78 %	21,21 %	0,03 %	0,0867	4,0850	-9,81 %	7,60 %
BMW.DE	7,25 %	30,36 %	0,00 %	0,2702	5,1605	-13,19 %	14,84 %
DAI.DE	4,63 %	32,70 %	0,04 %	0,5256	9,2670	-14,55 %	21,45 %
DB1.DE	9,49 %	34,29 %	0,05 %	-2,9051	78,1758 ¹	-49,42 %	17,95 %
DBK.DE	-8,96 %	41,12 %	0,00 %	0,5914	8,9316	-16,08 %	23,67 %
DPW.DE	6,12 %	27,25 %	0,04 %	-0,0052	11,2284	-17,28 %	18,43 %
DTE.DE	6,03 %	23,17 %	0,00 %	0,4911	10,0292	-13,00 %	15,01 %
EOAN.DE	-2,09 %	29,65 %	-0,01 %	0,2804	9,3983	-11,51 %	19,88 %
FME.DE	10,62 %	22,85 %	0,04 %	-0,3293	8,0590	-16,50 %	10,22 %
FRE.DE	7,90 %	24,43 %	0,02 %	-0,6754	11,1548	-17,71 %	8,51 %
HEI.DE	2,51 %	36,69 %	0,00 %	0,6033	13,0584	-21,93 %	20,67 %
HEN3.DE	10,62 %	23,23 %	0,04 %	0,1816	5,9500	-9,75 %	12,80 %
IFX.DE	8,40 %	45,77 %	0,04 %	-0,4035	16,7987	-39,58 %	23,08 %
LHA.DE	3,26 %	31,56 %	0,03 %	-0,2404	2,8375	-14,19 %	9,27 %
MRK.DE	11,98 %	24,95 %	0,03 %	-0,2223	6,5511	-14,72 %	10,61 %
MUV2.DE	11,66 %	23,27 %	0,07 %	0,4499	9,4805	-11,17 %	14,46 %
RWE.DE	1,35 %	31,02 %	0,03 %	0,1674	7,0754	-13,06 %	16,75 %
SAP.DE	10,14 %	23,75 %	0,07 %	0,0281	11,7783	-16,41 %	12,55 %
SIE.DE	6,56 %	28,34 %	0,04 %	0,4105	17,4315	-17,08 %	24,07 %
TKA.DE	-1,02 %	38,39 %	0,00 %	0,6177	9,1803	-13,62 %	28,17 %
VNA.DE	23,54 %	21,34 %	0,10 %	0,2585	4,7642	-6,09 %	11,21 %
VOW3.DE	15,12 %	37,09 %	0,04 %	-0,3838	10,2515	-19,82 %	19,69 %
WDI.DE	30,85 %	38,36 %	0,13 %	-0,5860	20,6517	-25,02 %	26,26 %

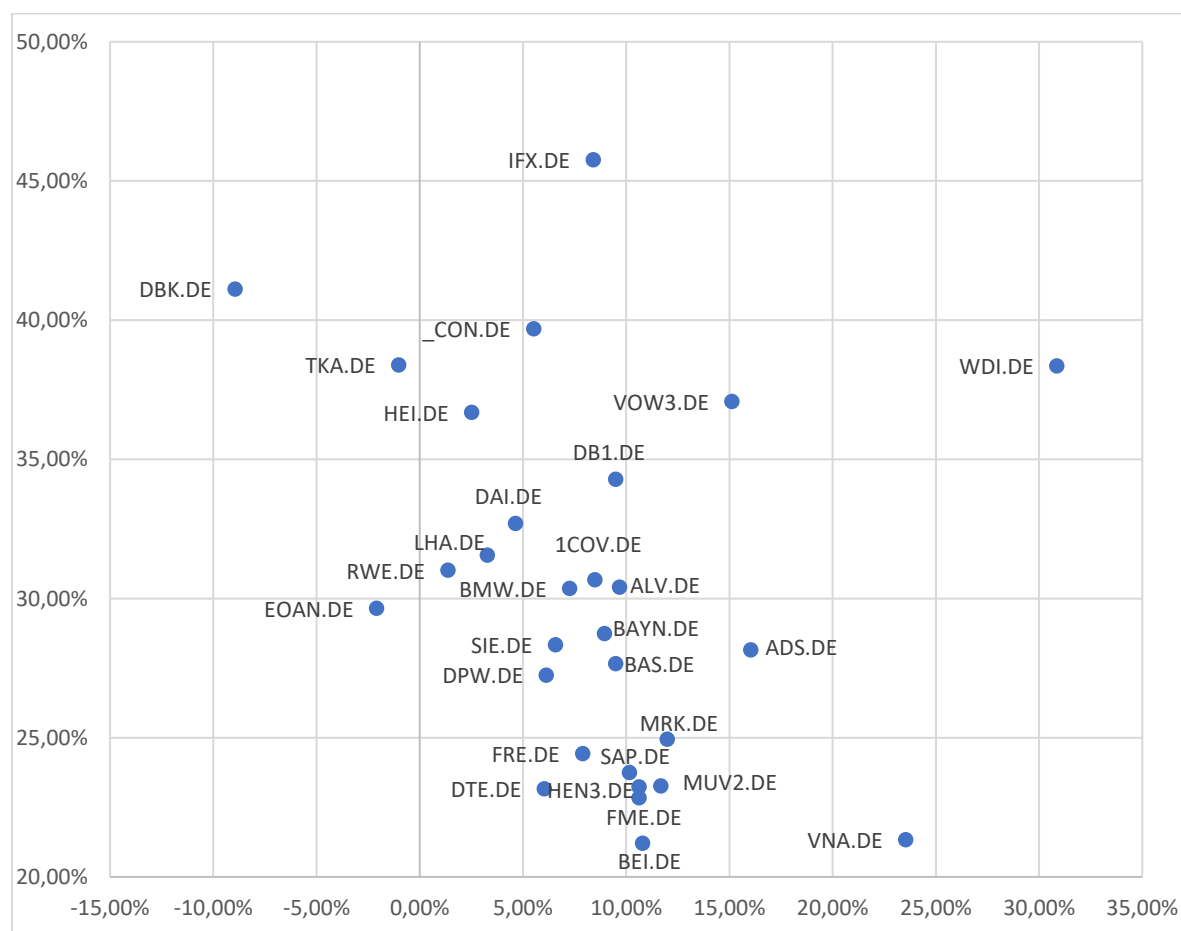
Zdroj: Vlastní zpracování

V prvním sloupci tabulky byly zeleně zvýrazněny tři akcie s největším průměrným ročním výnosem. Těmito akciemi byly společnosti WDI.DE, VNA.DE a ADS.DE. Výnos prvně jmenované akcie dosáhl hodnoty 30,85 %, což je nejvyšší hodnota ročního výnosu ze

¹ Extrémní hodnota špičatosti je zde způsobena denním cenou akcie o 49,42 %, viz poznámka pod čarou na straně 36.

všech sledovaných akcií. Červeně naopak byly zvýrazněny tři akcie s nejmenším průměrným ročním výnosem. Jedná se o společnosti se zkratkami DBK.DE, EOAN.DE a TKA.DE. U všech těchto akcií je průměrný roční výnos záporný, přičemž zdaleka nejhoršího výnosu -8,96 % dosáhla opět prvně jmenovaná akcie. Alespoň 10 % průměrných výnosu pak dosáhly akcie společností se zkratkami BEI.DE, FME.DE, HEN3.DE, MRK.DE, MUV2.DE, SAP.DE a VOV3.DE. Zbylé akcie pak dosáhly výnosů v rozmezí 0 až 10 %. V dalším sloupci byly dle stejného principu zvýrazněny zeleně akcie s nejlepšími hodnotami roční směrodatné odchylky a červeně s hodnotami nejhoršími. V porovnání s ostatními dosahují nejlepších hodnot směrodatné odchylky akcie BEI.DE, FME.DE a VNA.DE. Nejvyšších hodnot směrodatné odchylky naopak dosahují akcie _CON.DE, DBK.DE a IFX.DE. Lze si všimnout, že zatímco akcie VNA.DE dosahuje v porovnání s ostatními velmi dobrého výnosu i směrodatné odchylky, zatímco akcie DBK.DE naopak vykazuje u obou ukazatelů nejhorší výsledky. Průměrný roční výnos (osa X) a jeho směrodatná odchylka (osa Y) u jednotlivých akcií jsou zachyceny v grafu 4.1.

Graf 4.1 Průměrné roční výnosy a směrodatné odchylky akcií



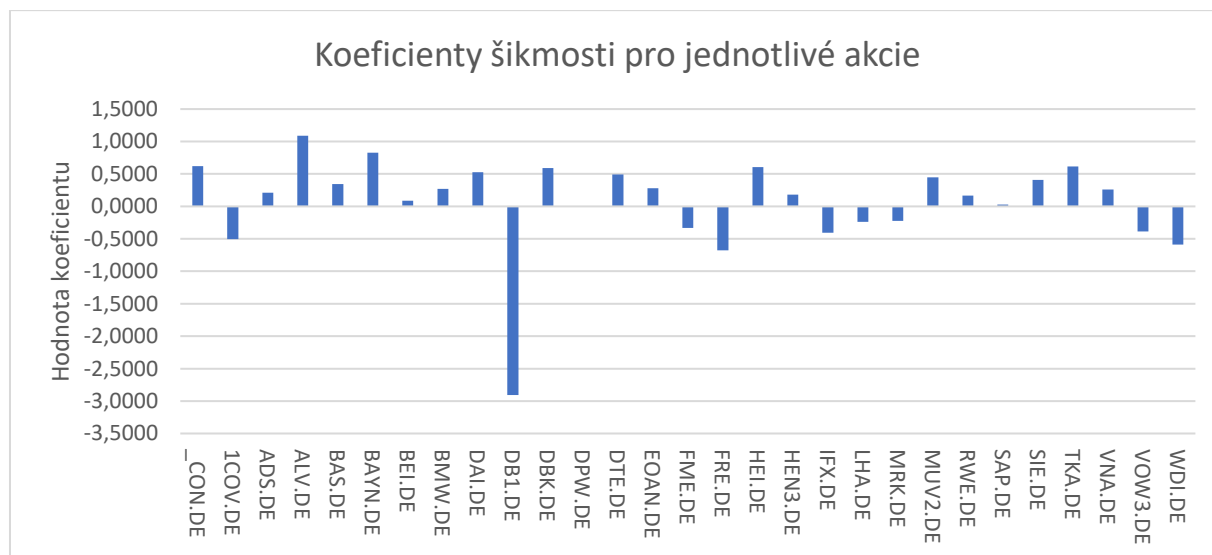
Zdroj: Vlastní zpracování

Z grafu nelze pozorovat žádnou souvislost těmito dvěma veličinami žádnou souvislost. Hodnoty průměrného výnosu pro jednotlivé akcie a jeho směrodatné odchylky jsou náhodně rozptýleny – nelze říct, že by např. akcie s vyšším průměrným výnosem měly také vyšší směrodatnou odchylku výnosu a naopak.

Medián výnosů označuje hodnotu, která rozděluje výnosy na dvě stejně početné poloviny. Nejvyššího mediánu výnosu dosáhly akcie WDI.DE a VNA.DE, jejichž medián výnosu činí 0,13 %, respektive 0,10 %. Nejhorší hodnoty dosáhla akcie EOAN.DE s mediánem výnosu -0,01 %.

Jak je popsáno ve druhé kapitole, negativní hodnota koeficientu šikmosti indikuje levostranné zešikmení pravděpodobnostního rozdělení výnosů, zatímco kladná hodnota ukazuje na zešikmení pravostranné. Graf 4.2 zobrazuje hodnoty koeficientů šikmosti pro jednotlivé akcie. U celkem 10 akcií lze pozorovat levostranné zešikmení pravděpodobnosti výnosů. Zdaleka největšího levostranného zešikmení dosahuje akcie se zkratkou DB1.DE, u níž hodnota koeficientu šikmosti dosahuje -2,9051, což ukazuje na výskyt velmi vysokých (odlehklých) hodnot záporných výnosů neboli ztrát. Zbylých 19 akcií pak vykazuje pravostranné zešikmení, jenž lze nejvýrazněji pozorovat u akcie ALV.DE, jejíž koeficient dosahuje hodnoty 1,0874.

Graf 4.2 Koeficienty šikmosti pro jednotlivé akcie

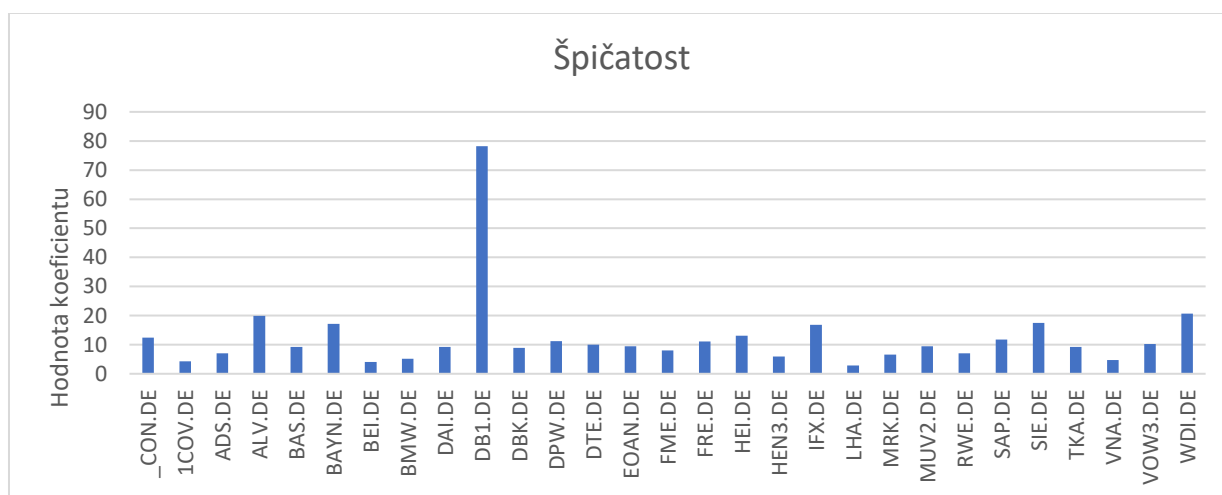


Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 4.3 ukazuje hodnoty koeficientů špičatosti pro jednotlivé akcie. Je nutné zmínit, že funkce KURT měří tzv. dodatečnou špičatost – dle této funkce je hodnota koeficientu špičatosti

pro normální rozdělení 0. Záporné hodnoty koeficientu pak ukazují dle této funkce na plošší rozdělení pravděpodobnosti výnosů a kladné hodnoty naopak značí strmější rozdělení pravděpodobnosti. Jelikož u všech akcií jsou hodnoty koeficientu kladné, lze odvodit, že rozdělení pravděpodobnosti jejich výnosů neodpovídá normálnímu rozdělení, neboť jsou strmější a mají těžké konce. Zdaleka nejvyšší hodnoty koeficientu šikmosti pak opět dosahuje akcie DB1.DE, u níž bylo také pozorováno silné levostranné zešikmení rozdělení pravděpodobnosti výnosů.

Graf 4.3 Koeficienty špičatosti akcií



Zdroj: Vlastní zpracování

V posledních dvou sloupcích tabulky jsou zobrazeny u jednotlivých akcií jejich nejvyšší a nejnižší denní výnosy. Nejvyšší denní pokles zaznamenala opět akcie DB1.DE, jejíž cena poklesla během jednoho dne o 49,42 %². Nejlépe si v tomto ohledu vedla akcie VNA.DE, jejíž maximální pokles ceny činil pouze 6,09 %. Možnou příčinou této hodnoty však může být kratší časová řada dat u akcie VNA.DE, v níž není obsaženo velmi volatilní období během finanční krize v roce 2008. Relativní nízkých hodnot maximálního pozorovaného poklesu také dosahují akcie HEN3.DE a BEI.DE, u nichž během jednoho dne cena poklesla maximálně o 9,75 %, respektive 9,81 %. U akcie BEI.DE si také lze všimnout v porovnání s ostatními nejnižší hodnoty maximálního denního výnosu, z čehož lze usoudit, že tato akcie není příliš volatilní. Maximální hodnoty denního výnosu pak dosáhla akcie TKA.DE, kde tento výnos činil 28,17 %.

² Je třeba zmínit, že u jiných poskytovatelů dat se tento pokles v daném dni nevyskytuje. V práci však zůstává ponechán, neboť není vhodné kombinovat více datových zdrojů. Je tomu tak z důvodu, že ceny používané v této práci jsou již upraveny o dividendy a štěpení akcií – ostatní datové zdroje poskytují neupravené ceny. V případě neuvažování poklesu (nahrazení jeho hodnoty 0 %) činí koeficienty šikmosti a špičatosti výnosů u této akcie 0,3546, respektive 7,3558.

V následující části práce je v programu MS Excel provedena aplikace modelů popsaných v kapitole 3 na reálná data. Jak je zmíněno v úvodu kapitoly, nejprve je vždy detailně vysvětlen postup výpočtů společně s ilustrativním příkladem a poté jsou zhodnoceny výsledky jednotlivých strategií. U všech strategií je počáteční hodnota prostředků W_0 rovna 1 euru. Ačkoli jsou v práci používána data od 3. ledna 2005, jednotlivé strategie jsou ověřovány až od 24. května 2005, s výjimkou u tzv. optimistické varianty strategie založené na křížení klouzavých průměrů, jejíž zkoumané období začíná o den dříve. Tento posun je zapříčiněn nutností výpočtu klouzavých průměrů s periodou 100 u strategie založené na křížení klouzavých průměrů. Pro stanovení výnosu bezrizikového aktiva je použit 10letý německý vládní dluhopis, jehož roční výnos ke dni 24. května 2005 činil 3,74 %. Přepočet na denní bezrizikový výnos je pak proveden následovně:

$$Rf = (1 + 3,74\%)^{\frac{1}{252}} - 1 = 0,015\%. \quad (4.2)$$

4.2 Naivní strategie

Jako první je ověřován investiční přístup dle naivní strategie, tedy rovnoměrné rozdělení prostředků do všech akcií v indexu. Jak je zmíněno v jejím popisu v kapitole 3.2, naivní strategie slouží jako určitý benchmark při vytváření nových modelů pro optimalizaci akciového portfolia. Dalším takovým benchmarkem může být investování do samotného indexu (zde DAX), jehož výkonnost je v práci pro doplnění také ověřena. Hlavním rozdílem mezi naivní strategií a investováním do indexu jsou odlišné váhy akcií v portfoliu. Zatímco u naivní strategie jsou váhy akcií v portfoliu zastoupeny rovnoměrně, v případě kopírování indexu DAX jsou váhy akcií určeny dle jejich tržní kapitalizace. Z toho důvodu mají kurzy akcií u společností s větší tržní kapitalizací vyšší vliv na hodnotu indexu a tím pádem i na výkonnost portfolia. V ověřování naivní strategie nejsou zahrnuty transakční náklady (dále také jako TN), neboť váhy akcií v portfoliu se mění pouze při zahrnutí nových akcií do výpočtů. Zahrnutí TN by tak nemělo na výsledky ověřování téměř žádný vliv.

4.2.1 Postup ověření naivní strategie

Ověření této strategie je výpočetně nejjednodušší. Jako u všech strategií, i zde je prvním krokem vložení vzorce pro výpočet výnosů jednotlivých akcií dle vztahu (2.1). Následně je vložen vzorec pro určení vah jednotlivých akcií v portfoliu pro každý den dle vztahu (3.1). Je třeba uvést, že váhy akcií v portfoliu se budou v průběhu ověřování mírně měnit, neboť jsou do výpočtů postupně zahrnovány další akcie. Na začátku je do portfolia zahrnuto 25 z 29 akcií,

z čehož vyplývá, že výpočet váhy pro zastoupení každé akcie v portfoliu je $\frac{1}{25} = 0,04$. Po tomto kroku následuje vložení vzorce, pro výpočet výnosu portfolia v jednotlivých dnech dle vztahu (2.2). Z nich je pak spočítán vývoj prostředků pomocí vzorce dle vztahu (2.3). Dalším krokem je výpočet průměrného denního výnosu portfolia pomocí geometrického průměru. Protože nelze spočítat geometrický průměr s nulovými či zápornými hodnotami, musela být pro jeho výpočet ke každému výnosu přičtena 1, viz sloupec $1 + R_p$ na obrázku 4.1. Díky velkému objemu dat také není možné pro výpočet použít funkci GEOMEAN, která musí být nahrazena funkcemi EXP, PRŮMĚR a LN. Dále je spočtena směrodatná odchylka pomocí funkce SMODCH.P, načež je převedena na roční bázi dle (2.11). Všechny tyto výpočty a také určení ukazatelů rizika a výkonnosti portfolia pomocí vzorců dle vztahů popsaných v kapitole 2 jsou zobrazeny v ilustrativním příkladu na obrázku 4.1. V dalších ilustrativních příkladech již nejsou výpočty pro míry rizika a výkonnosti portfolia zahrnuty pro zachování přehlednosti ilustrativních příkladů.

Obrázek 4.1 Naivní strategie v MS Excel

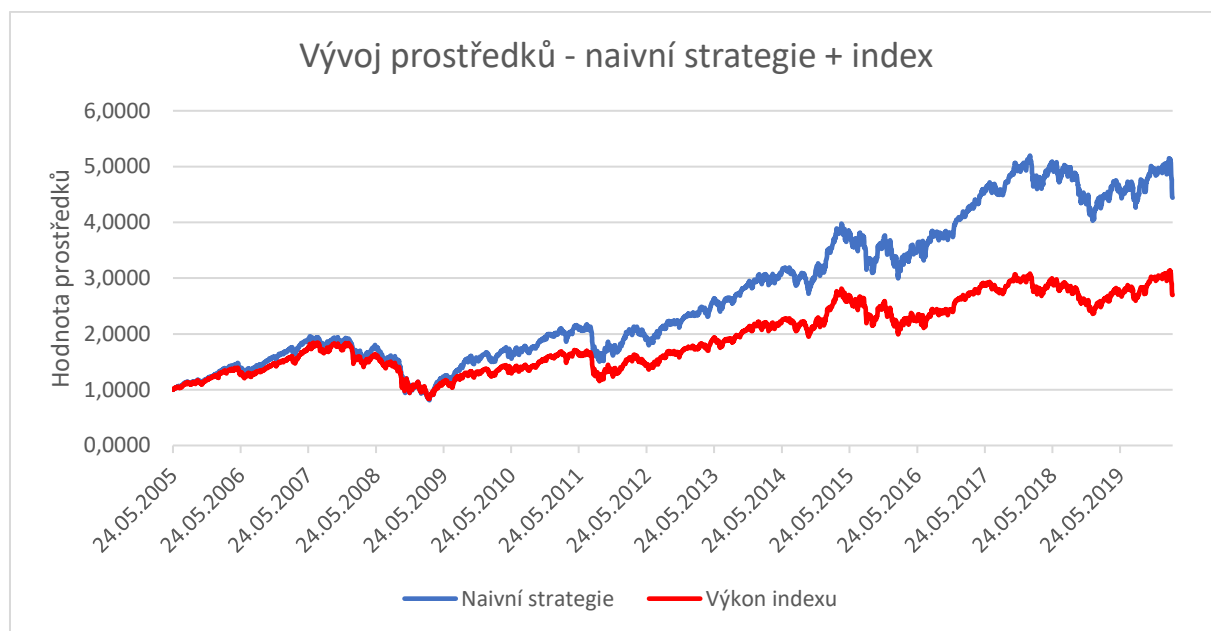
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	
1		Zavraceni ceny				Vynosy				Vaha	Rp	Wt+1		1+Rp	DD	Seřazené výnosy	Počet	AD	Semivar.	Rp-1f												
2	Datum	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4																							
3	03.01.2005	35,54	22,96	50,24	12,95	= (B7-B6)/B6	= 1/POČET(B7:E7)						= L4*(1+K5)			= 1-(L4/MAX(\$L\$3:L4))		= ABS(K4-\$X\$5)														
4	04.01.2005	36,06	22,84	50,45	12,91	1,4%	-0,51%	0,42%	-0,2%	0,3	0,25%	1,0025		1,00	0,00%	-1,18%	1	0,0015		-1,19%												
5	05.01.2005	35,65	22,56	49,75	12,79	-1,1%	-1,25%	-1,40%	-0,92%	0,3	-1,18%	0,9908		0,99	1,18%	-0,94%	2	0,0128	0,0002	-0,95%												
6	06.01.2005	36,03	22,66	50,25	12,78	1,4%	0,46%	1,01%	-0,04%	0,3	0,62%	0,9969		1,01	0,56%	-0,93%	3	0,0052		-0,94%												
7	07.01.2005	35,95	22,53	50,29	12,84	-0,21%	-0,59%	0,08%	0,44%	0,3	-0,07%	0,9962		1,00	0,63%	-0,70%	4	0,0017	0,0000	-0,71%												
8	10.01.2005	36,07	22,54	50,18	12,75	0,33%	0,03%	-0,22%	-0,70%	0,3	-0,14%	0,9948		1,00	0,77%	-0,64%	5	0,0024	0,0000	-0,65%												
9	11.01.2005	36,18	22,32	49,32	12,58	0,31%	-0,99%	-1,72%	-1,31%	0,3	-0,93%	0,9856		0,99	1,69%	-0,63%	6	0,0103	0,0001	-0,64%												
10	12.01.2005	36,56	22,01	48,69	12,46	1,05%	-1,37%	-1,28%	-0,95%	0,3	-0,64%	0,9793		0,99	2,32%	-0,61%	7	0,0074	0,0001	-0,62%												
11	13.01.2005	36,29	21,89	49,02	12,56	-0,75%	-0,55%	0,67%	0,76%	0,3	0,03%	0,9796		1,00	2,29%	-0,55%	8	0,0007	0,0000	-0,56%												
12	14.01.2005	36,88	21,81	49,08	12,64	1,64%	-0,36%	0,14%	0,64%	0,3	0,51%	0,9847		1,01	1,78%	-0,42%	9	0,0041		-0,43%												
13	17.01.2005	36,91	22,06	49,31	12,68	0,08%	1,16%	0,46%	0,36%	0,3	0,52%	0,9897		1,01	1,28%	-0,41%	10	0,0042		-0,42%												
14	18.01.2005	37,42	22,16	48,86	12,72	1,37%	0,46%	-0,92%	0,31%	0,3	0,30%	0,9927		1,00	0,98%	-0,28%	11	0,0020		-0,29%												
15	19.01.2005	38,00	22,20	47,93	12,85	1,55%	0,17%	-1,90%	1,03%	0,3	0,21%	0,9949		1,00	0,77%	-0,14%	12	0,0011		-0,15%												
16	20.01.2005	38,18	22,10	47,45	12,76	0,47%	-0,46%	-1,00%	-0,70%	0,3	-0,42%	0,9907		1,00	1,19%	-0,08%	13	0,0052	0,0000	-0,09%												
17	21.01.2005	38,41	22,14	47,03	12,63	0,61%	0,20%	-0,87%	-1,05%	0,3	-0,28%	0,9879		1,00	1,46%	-0,07%	14	0,0038	0,0000	-0,08%												
18	24.01.2005	38,72	22,21	46,89	12,59	0,80%	0,30%	-0,30%	-0,31%	0,3	0,12%	0,9891		1,00	1,34%	-0,03%	15	0,0002		-0,04%												
19	25.01.2005	39,11	22,34	47,46	12,56	1,02%	0,60%	1,21%	-0,29%	0,3	0,63%	0,9954		1,01	0,71%	0,01%	16	0,0053		0,00%												
20	26.01.2005	39,06	22,26	46,61	12,53	-0,13%	-0,35%	-1,80%	-0,23%	0,3	-0,63%	0,9891		0,99	1,34%	0,03%	17	0,0073	0,0001	0,02%												
21	27.01.2005	38,68	21,74	46,51	12,66	-0,97%	-2,33%	-0,20%	1,07%	0,3	-0,61%	0,9831		0,99	1,94%	0,12%	18	0,0071	0,0001	0,11%												
22	28.01.2005	38,28	21,72	46,29	12,58	-1,02%	-0,09%	-0,49%	-0,61%	0,3	-0,55%	0,9777		0,99	2,48%	0,17%	19	0,0065	0,0000	0,16%												
23	31.01.2005	39,68	21,81	46,92	12,72	3,64%	0,39%	1,37%	1,08%	0,3	1,62%	0,9935		1,02	0,90%	0,21%	20	0,0152		0,20%												
24	01.02.2005	40,15	21,88	47,07	12,85	1,18%	0,31%	0,32%	1,07%	0,3	0,72%	1,0007		1,01	0,19%	0,25%	21	0,0062		0,24%												
25	02.02.2005	40,18	21,84	47,51	12,90	0,07%	-0,18%	0,94%	0,34%	0,3	0,29%	1,0036		1,00	0,00%	0,29%	22	0,0019		0,28%												
26	03.02.2005	40,10	21,94	47,34	12,87	-0,19%	0,47%	-0,36%	-0,24%	0,3	-0,08%	1,0028		1,00	0,08%	0,30%	23	0,0018	0,0000	0,29%												
27	04.02.2005	41,68	22,03	47,56	13,04	3,94%	0,40%	0,46%	1,32%	0,3	1,53%	1,0182		1,02	0,00%	0,43%	24	0,0143		0,42%												
28	07.02.2005	42,47	22,14	48,57	13,11	1,89%	0,52%	2,13%	0,60%	0,3	1,28%	1,0312		1,01	0,00%	0,44%	25	0,0118		0,43%												
29	08.02.2005	41,80	22,22	48,68	13,23	-1,58%	0,34%	0,22%	0,89%	0,3	-0,03%	1,0309		1,00	0,03%	0,51%	26	0,0013	0,0000	0,50%												
30	09.02.2005	41,46	21,71	48,40	13,34	-0,80%	-2,27%	-0,57%	0,84%	0,3	-0,70%	1,0237		0,99	0,73%	0,52%	27	0,0080	0,0001	0,50%												
31	10.02.2005	40,99	21,27	48,24	13,31	-1,15%	-2,02%	-0,34%	-0,24%	0,3	-0,94%	1,0141		0,99	1,66%	0,62%	28	0,0104	0,0001	0,61%												
32	11.02.2005	41,64	21,42	49,09	13,50	1,60%	0,69%	1,78%	1,40%	0,3	1,37%	1,1000		1,01	0,32%	0,63%	29	0,0127		0,62%												
33	14.02.2005	41,96	21,46	49,27	13,55	0,77%	0,19%	0,36%	0,41%	0,3	0,43%	1,0100		1,00	0,00%	0,72%	30	0,0033		0,71%												
34	15.02.2005	41,61	21,52	49,39	13,69	-0,83%	0,26%	0,24%	1,02%	0,3	0,17%	1,0030		1,00	0,00%	1,28%	31	0,0007		1,27%												
35	16.02.2005	41,58	21,66	48,60	13,60	-0,09%	0,68%	-1,59%	-0,64%	0,3	-0,41%	=SUMA(F28:I28)*J28		1,00	0,41%	1,37%	32	0,0051	0,0000	1,25%												
36	17.02.2005	41,98	21,73	48,61	13,67	0,97%	0,33%	0,01%	0,46%	0,3	0,44%	1,0000		1,00	0,00%	1,53%	33	0,0034		1,52%												
37	18.02.2005	42,17	21,79	47,88	13,78	0,44%	0,27%	-1,50%	0,83%	0,3	0,01%	1,0346		1,00	0,00%	1,62%	34	0,0009	0,0000	1,61%												
38																																

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2.2 Výsledky ověřování naivní strategie a investování do indexu

Následující řádky jsou věnovány výsledkům naivní strategie a pro srovnání také výsledkům investování do samotného indexu. Graf 4.4 ukazuje vývoj prostředků při investování dle naivní strategie a investování do indexu za období od 24. května 2005 do 2. března 2020.

Graf 4.4 Vývoj prostředků naivní strategie



Zdroj: Vlastní zpracování

Na výše uvedeném grafu si lze všimnout několika skutečností. Počáteční období vývoje prostředků se vyznačují u obou přístupů růstem vložených prostředků, které do roku 2008 dosáhly maximální hodnoty 1,9594 euro u naivní strategie a 1,8436 euro při investování do indexu. Od začátku roku 2008 však začíná docházet k rapidnímu poklesu vložených prostředků u obou přístupů, neboť se v té době celý svět začal zmítat v globální finanční krizi. Stav prostředků u naivní strategie dosahuje v tomto období své minimální hodnoty, která činí 0,8110 euro. U investování do indexu pak poklesla hodnota vložených prostředků na 0,8339 euro. Po finanční krizi lze pozorovat u obou strategií pozvolný růst prostředků s občasnými korekcemi. Ačkoli jsou křivky vývoje prostředků během celého období tvarem velmi podobné, lze si všimnout, že zatímco výkonnost indexu držela do roku 2009 krok s naivní strategií, jeho následující růst již nebyl tak silný jako u naivní strategie. Maximální hodnota prostředků za celé období u naivní strategie činí 5,1970 euro a bylo jí dosaženo dne 23. ledna 2018. Maximální hodnota prostředků při investování do indexu činí 3,1363 euro, což

je v porovnání s naivní strategií výrazně méně. V posledních dnech si lze u obou přístupů všimnout poklesu prostředků. Příčinou tohoto poklesu je propad akciových trhů po celém světě v reakci na začínající pandemii nového koronaviru. Konečná hodnota prostředků u naivní strategie činí 4,4426 euro, zatímco u indexu 2,6970 euro. Souhrnná tabulka 4.3 ukazuje výsledné hodnoty všech ukazatelů pro naivní strategii a index.

Tabulka 4.3 Souhrnná tabulka výsledků pro naivní strategii a index

	Naivní strategie	Index
Konečný stav prostředků (W_T)	4,4426	2,6970
Průměrný roční výnos (R_p^*)	10,53 %	6,89 %
Směrodatná odchylka výnosu (σ_p^*)	20,82 %	20,90 %
Semivariance roční (σ_p^{s*})	21,64 %	21,79 %
MAD	0,9 p. b.	0,91 p. b.
Maximální pokles (MDD)	58,61 %	54,77 %
VaR 95 %	2,04 %	2,03 %
CVaR 95 %	3,11 %	3,11 %
Sharpeho poměr	0,33	0,15
MAD poměr	0,03	0,01
Rachevův poměr	0,30	0,30
Sortino poměr	0,31	0,14
STARR poměr	0,01	0,01

Zdroj: Vlastní zpracování

Průměrný roční výnos u naivní strategie činí 10,53 % se směrodatnou odchylkou 20,82 %, zatímco u indexu dosahuje průměrný roční výnos pouze 6,89 % se směrodatnou odchylkou 20,90 %. Při pohledu na míry rizika, tedy semivarianci, MAD, VaR 95 % a CVaR 95 % je zřejmé, že oba přístupy se v tomto ohledu téměř neliší. Průměrná absolutní odchylka denního výnosu od jeho střední hodnoty (MAD) je u naivní strategie 0,90 p. b., respektive 0,91 p. b. u indexu. Maximální ztráta během jednoho dne nepřesáhne s 95 % pravděpodobností 2,04 % u naivní strategie a 2,03 % u indexu. Střední hodnoty ztráty přesahující VaR pak dosahuje v obou případech 3,11 %. Při investování do indexu je dosaženo lepších hodnot pouze u maximálního poklesu, který u naivní strategie činí 58,61 %, zatímco u indexu 54,77 %, což je o 7,01 % méně.

Další část tabulky pak tvoří míry výkonnosti portfolia, kde si lze všimnout, že naivní strategie dosahuje znatelně lepšího Sharpeho poměru, který byl počítán na roční bázi. Výsledná hodnota 0,33 u naivní strategie znamená, že na každý procentní bod rizika vyjádřeného směrodatnou odchylkou připadá 0,33 p. b. dodatečného výnosu. Téměř stejných výsledků je

dosaženo u Sortino poměru, který se od Sharpeho poměru liší tím, že riziko vyjadřuje pomocí semivariance. MAD poměr také dosahuje lepších výsledků u naivní strategie – zde na každý p. b. průměrné absolutní odchylky od střední hodnoty výnosu připadá 0,03 p. b. dodatečného výnosu, zatímco u indexu je to pouze 0,01 p. b. Výsledné Rachevovy a STARR poměry se u obou přístupů neliší. Je třeba zmínit, že u Rachevova poměru je zvolena hladina významnosti α pro CVaR záporného dodatečného výnosu ve výši 50 %, čímž je vyjádřena průměr dodatečného výnosů nad mediánem. Hladina významnosti β pro CVaR dodatečného výnosu je pak zvolena jako standardních 5 %.

Na základě porovnání výše uvedených ukazatelů lze poměrně jednoznačně usoudit, že investování dle naivní strategie překonává investici do samotného indexu. Naivní strategie dosahuje ve zkoumaném období o 60,71 % vyšší konečné hodnoty prostředků, znatelně příznivějšího Sharpeho poměru, MAD poměru a Sortino poměru. Hodnoty ostatních měřítek jsou u ostatních ukazatelů buď stejné, nebo s nepatrnými rozdíly. Jediné měřítko, ve kterém index mírně překonává naivní strategii je maximální pokles, nicméně rozdíl 4 p. b. zde také není nijak výrazný.

4.3 Markowitzův model

Cílem této části práce je vytvořit strategie, v nichž jsou portfolia rebalancována na základě Markowitzova modelu, konkrétně dle optimalizačních úloh pro portfolio s minimálním rizikem a tangenciální portfolio definovaných v kapitole 3.3.1. Tyto strategie budou dále v textu nazývány jako strategie s min. rizikem a tangenciální strategie. Zatímco u naivní strategie se provádí rebalance (změny vah akcií v portfoliu) pouze při zařazování nových akcií, v těchto strategiích jsou portfolia rebalancována vždy k prvnímu obchodnímu dni nového roku. Pro zařazení akcií s kratšími časovými řadami do výpočtů je také přidána podmínka nutnosti alespoň rok dlouhé časové řady dat pro odhad kovarianční matice a očekávaného výnosu akcie. Počáteční portfolia strategie jsou na základě optimalizačních úloh vytvořena k 24. květnu 2005 a první rebalance portfolií proběhla k 1. lednu 2006.

Je třeba také zmínit, že pro odpovídající srovnání s modelem založeným na křížení klouzavých průměrů by bylo vhodné, aby portfolia ve výše uvedených strategiích byla počítána i z upravených otevíracích cen. Z důvodu komplikovanosti provedení v programu MS Excel jsou však portfolia vytvořena pouze z cen zavíracích. V tomto modelu již budou zahrnuty transakční náklady. Ty jsou uvažovány v relativní výši jako 0,1 % z absolutní změny vah všech akcií v portfoliu.

4.3.1 Postup ověřování Markowitzova modelu

Jako první je vytvořena strategie s min. rizikem. Prvním krokem je odhad očekávaných výnosů jednotlivých akcií dle vztahu (2.6). Následně je po vložení vzorce dle vztahu (3.2) spočítán očekávaný výnos celého portfolia. Dalšími vzorci dle vztahů (3.3) a (3.4) je proveden výpočet rozptylu portfolia a jeho směrodatné odchylky. Kovarianční matice \mathbf{Q} je dopočtena pomocí funkce COVARIANCE.P. Dalším krokem je zadání účelové funkce a omezujících podmínek dle (3.4) do doplňku ŘEŠITEL v programu MS Excel. Poté jsou pro jednotlivá období spočteny výnosy portfolia, z nichž je opět dopočítán vývoj prostředků a měr výkonnosti a rizika portfolia. Ilustrativní příklad výpočtu optimalizační úlohy pro portfolio s minimálním rizikem je na obrázku 4.2. ŘEŠITEL je pak zobrazen na obrázku 4.3.

Pro vytvoření strategie dle optimalizační úlohy pro tangenciální portfolio je použit velmi podobný postup jako pro strategii s minimálním rizikem. Je zde však zapotřebí přidat výnos bezrizikového aktiva a také změnit účelovou funkci a omezující podmínky v doplňku ŘEŠITEL na (3.8). Do modelu byla také přidána dodatečná podmínka $x_k \leq 0,25$, protože dle původního, neupraveného modelu byly přiřazovány některým akciím příliš vysoké váhy blížící se 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1		Výnosy akcií - denní					Kovarianční matice				Očekávaný výnos akcie										
2	Datum	CON.DE	ADS.DE	ALV.DE			CON.DE	ADS.DE	ALV.DE		CON.DE	0,50%									
3	03.01.2005	1,015	0,995	1,004		CON.DE	0,0002	0,00005	0,00004		ADS.DE	-0,15%									
4	04.01.2005	0,989	0,988	0,986		ADS.DE	0,00005	0,0001	0,00003		ALV.DE	-0,14%									
5	05.01.2005	1,010	1,005	1,010		ALV.DE	0,00004	0,00003	0,0001												
6	06.01.2005	0,998	0,994	1,001																	
7	07.01.2005	1,003	1,000	0,998																	
8	10.01.2005	1,003	0,990	0,983																	
9	11.01.2005	1,011	0,986	0,987																	
10	12.01.2005	0,992	0,994	1,007																	
11	13.01.2005	1,016	0,996	1,001																	
12	14.01.2005	1,001	1,012	1,005																	
13	17.01.2005	1,014	1,005	0,991																	
14	18.01.2005	1,016	1,002	0,981																	
15	19.01.2005	1,005	0,995	0,990																	
16	20.01.2005	1,006	1,002	0,991																	
17	21.01.2005	1,008	1,003	0,997																	
18	24.01.2005	1,010	1,006	1,012																	
19	25.01.2005	0,999	0,997	0,982																	
20	26.01.2005	0,990	0,977	0,998																	
21	27.01.2005	0,990	0,999	0,995																	
22	28.01.2005	1,036	1,004	1,014																	
23	31.01.2005	1,012	1,003	1,003																	
24	01.02.2005	1,001	0,998	1,009																	
25	02.02.2005	0,998	1,005	0,996																	
26	03.02.2005	1,039	1,004	1,005																	
27	04.02.2005	1,019	1,005	1,021																	
28	07.02.2005	0,984	1,003	1,002																	
29	08.02.2005	0,992	0,977	0,994																	
30	09.02.2005	0,988	0,980	0,997																	
31	10.02.2005	1,016	1,007	1,018																	

42

Obrázek 4.3 Nastavení řešitele

Parametry Řešitele

Účelová funkce:

Hledat: ☐ Max ☒ Min ☐ Hodnota:

Proměnné modelu:

Omezující podmínky:

☐ Nastavit podmínky nezápornosti

Vyberte metodu řešení:

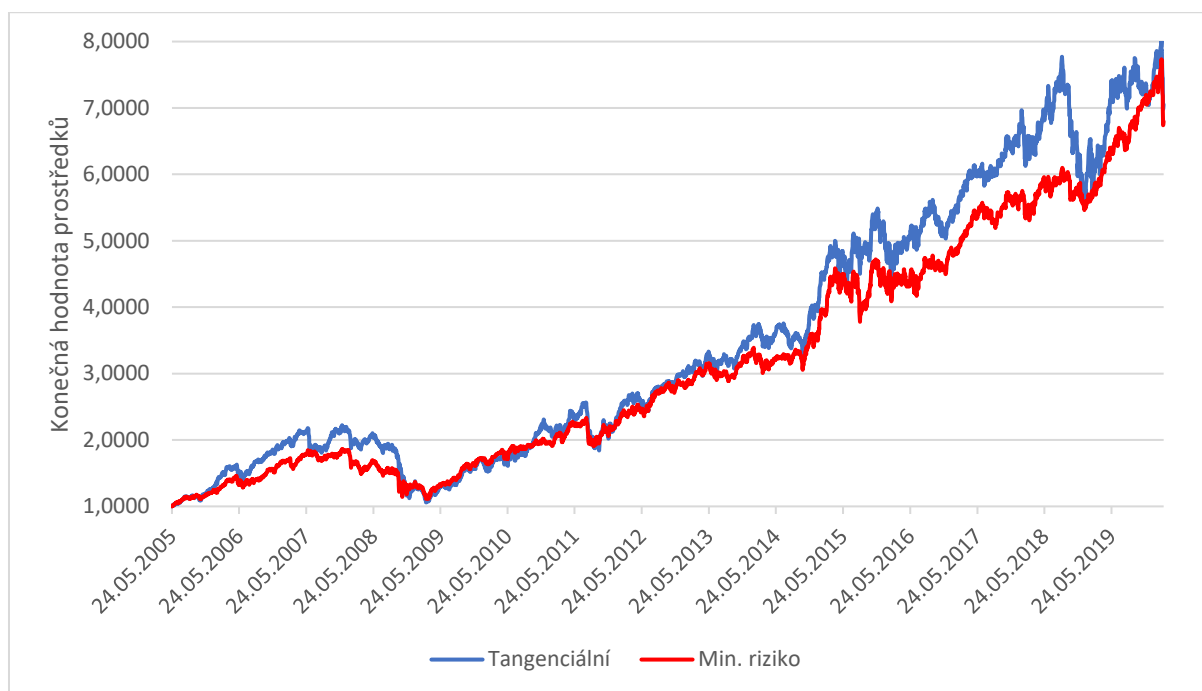
Metoda řešení
Simplexovou metodu zvolte pro lineární optimalizační problémy, Gradientní metodu pro hladké nelineární problémy a Evoluční algoritmus pro nehladké nelineární problémy.

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3.2 Výsledky Markowitzova modelu

Následující řádky se věnují zhodnocení výsledků jednotlivých strategií ve zkoumaném období. Veškeré výsledky jsou zde prezentovány bez zahrnutí transakčních nákladů z důvodu srovnatelnosti s dalšími strategiemi. Výsledky včetně zahrnutí TN lze najít v příloze č. 1 u všech souhrnných tabulek, které berou transakční náklady v úvahu. Graf 4.5 znázorňuje vývoj prostředků u strategie s minimálním rizikem a tangenciální strategie.

Graf 4.5 Vývoj prostředků strategie s min. rizikem a tangenciální strategie bez TN



Zdroj: Vlastní zpracování

Z grafu si lze všimnout, že tvar křivek u strategie s min. rizikem a tangenciální strategie je velmi podobný jako u naivní strategie a indexu. Rozdíl je zde však ve větším růstu prostředků po finanční krizi v roce 2008. I u těchto strategií byl nejprve počáteční růst hodnoty prostředků vymazán právě finanční krizí, během níž hodnota prostředků u strategie min. rizikem klesla na 1,116 euro a u tangenciálního strategie na 1,0601 euro. Následný růst u obou strategií však výrazně překonal naivní strategii a index. Maximální hodnota prostředků u strategie s minimálním rizikem činí 7,337 euro. Ačkoli v posledních dnech zkoumaného období došlo u obou portfolií k výraznému poklesu prostředků díky pandemii koronaviru, i tak konečný stav prostředků strategie s min. rizikem dosáhl 6,7973 euro. U tangenciálního strategie je maximální hodnota prostředků ve zkoumaném období 8,0130 euro, přičemž konečná hodnota je i zde ovlivněna pandemií a během posledního týdne zkoumaného období poklesla na 7,0508 euro. Souhrnná tabulka 4.4 ukazuje výsledné hodnoty všech ukazatelů pro tyto strategie.

Tabulka 4.4 Souhrnná tabulka výsledků pro strategii s minimálním rizikem a tangenciální strategii

	Min. riziko	Tangenciální
Konečný stav prostředků (W_T)	6,7973	7,0508
Průměrný roční výnos (R_p^*)	13,74 %	14,02 %
Směrodatná odchylka výnosu (σ_p^*)	16,92 %	20,19 %
Semivariance roční (σ_p^{S*})	17,38 %	21,37 %
MAD	0,74 p. b.	0,91 p. b.
Maximální pokles (MDD)	40,42 %	52,29 %
Var 95 %	1,62 %	1,96 %
CVaR 95 %	2,45 %	3,02 %
Sharpeho poměr	0,59	0,51
MAD poměr	0,05	0,04
Rachevův poměr	0,32	0,31
Sortino poměr	0,58	0,48
STARR poměr	0,02	0,02
Obrat portfolia – průměr	22,34 %	41,25 %
Obrat portfolia – sm. odch.	13,77 %	8,58 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky je patrné, že mírně vyššího průměrného ročního výnosu dosahuje tangenciální strategie, u níž ve zkoumaném období tento výnos činil 14,02 % se směrodatnou odchylkou 20,19 %. U strategie s minimálním rizikem je pak průměrný roční výnos 13,74 % se směrodatnou odchylkou 16,92 %. Roční semivariance, která bere v potaz pouze negativní odchylky od průměrného výnosu pak činí 17,38 % u strategie s min. rizikem a 21,37 % u tangenciálního strateguie. Průměrná absolutní odchylka od střední hodnoty denního výnosu činí u strategie s minimálním rizikem 0,74 p. b., kdežto u tangenciální strategie je tato odchylka 0,91 p. b. Relativně velký rozdíl lze pozorovat v maximálním poklesu jednotlivých strategií – zatímco u strategie s minimálním rizikem činil maximální pokles prostředků 40,42 %, u tangenciální strategie to bylo 52,29 %. U strategie s minimálním rizikem nepřesáhne jeho denní ztráta s 95 % pravděpodobností 1,62 %. V případě překročení VaR pak bude střední hodnota ztrát (CVaR) činit 2,45 %. Maximální denní ztráta s 95 % pravděpodobností pro tangenciální strategii činí 1,96 % a střední hodnota ztrát překračujících VaR je 3,02 %. Obecně tedy míry rizika ukazují, že tangenciální strategie je více riziková než strategie s minimálním rizikem.

Následující část tabulky opět ukazuje míry výkonnosti strategií. Díky nižší směrodatné odchylce dosahuje strategie s minimálním rizikem mírně lepšího Sharpeho poměru, jehož hodnota činí 0,59, zatímco u tangenciálního strateguie je tato hodnota 0,51. V případě MAD

poměru připadá na každý p. b. absolutní odchylky od výnosu 0,05 p. b. dodatečného výnosu u strategie s min. rizikem a 0,04 p. b. dodatečného výnosu u tangenciální strategie. Rachevův poměr pro strategii s minimálním rizikem činí 0,32, což znamená, že na každý p. b. střední hodnoty 5 % nejhorších ztrát připadá 0,32 p. b. z průměru nejlepších 50 % dodatečných výnosů. U tangenciální strategie pak tento činí poměr 0,31. Sortino poměr opět dosahuje lepší hodnoty u strategie s minimálním rizikem, a to díky nižší semivarianci, pomocí níž je zde vyjádřeno riziko. STARR poměr, který poměřuje průměrnou hodnotu dodatečného výnosu vůči jeho CVaR s α činící 5 % dosahuje u obou strategií hodnoty 0,02.

Nově přidaným ukazatelem je zde tzv. obrat portfolia, který představuje procentuální část portfolia, která je průměrně při každé rebalanci obměněna. Vysoký průměrný obrat portfolia má vliv na transakční náklady – čím více aktiv se v portfoliu během sledovaného období změní, tím větší budou tyto náklady. U strategie s minimálním rizikem se ročně změní průměrně 22,34 % portfolia se směrodatnou odchylkou 13,77 %. U tangenciální strategie je pak jeho průměrný obrat téměř dvakrát vyšší – konkrétně činí 41,25 % se směrodatnou odchylkou 8,58 %. Pokud by byla portfolia rebalancována častěji, lze rovněž předpokládat, že transakční náklady by měly na výkonnost tangenciální strategie mnohem větší dopad než u strategie s minimálním rizikem.

Celkově lze tedy říct, že strategie s minimálním rizikem vykazuje ve zkoumaném období lepší výsledky. Téměř všechny míry rizika a výkonnosti portfolia vykazují lepší hodnoty právě u strategie s minimálním rizikem, což kompenzuje její nižší průměrný výnos.

4.4 Model založený na křížení klouzavých průměrů

V této kapitole je popsán postup ověřování strategie založené na křížení klouzavých průměrů a následně jsou zde prezentovány její výsledky. V této strategii je ověřováno celkem 10 kombinací klouzavých průměrů s krátkou a dlouhou periodou, jež byly popsány v kapitole 3.4.1. Vzhledem k tomu, že klouzavé průměry jsou vykreslovány ze závěrečných cen, které se vytvoří vždy až ke konci daného obchodního dne, existuje více možných variant, podle kterých lze rebalancovat portfolio. V této práci jsou uvažovány tři možné varianty rebalancí portfolia, které jsou pojmenovány jako optimistická, pesimistická a realistická.

Optimistická varianta je založena na předpokladu, že na konci obchodního dne již zpravidla nedochází k výrazným cenovým pohybům a je tedy pravděpodobné, že se hodnoty klouzavých průměrů budou před koncem obchodování měnit pouze nepatrně či vůbec. Pokud investor uvažuje neměnnost hodnoty klouzavých průměrů v krátkém časovém úseku před

koncem obchodování, může využít tohoto časového okna k rebalanci portfolia za závěrečnou cenu ještě téhož dne. Realistická varianta poté předpokládá, že po vykreslení klouzavých průměrů ze závěrečných cen předchozího dne je portfolio rebalancováno na začátku následujícího obchodního dne s využitím otevíracích cen. Takový postup se dle názoru autora práce nejvíce blíží reálným podmínkám. Pesimistická varianta pak předpokládá, že po vykreslení klouzavých průměrů ze závěrečných cen předchozího dne je portfolio rebalancováno za závěrečné ceny následujícího obchodního dne.

Jak vyplývá z předchozího textu, tato strategie počítá s denní rebalancí portfolia, na rozdíl od strategie v publikaci Kouaissah (2018), kde byla portfolia rebalancována každých 15 dní. Také jsou zde na rozdíl od výše uvedené publikace zahrnuty transakční náklady ve stejné výši jako u předešlých strategií, přičemž lze očekávat, že zejména při ověřování kratších period klouzavých průměrů mohou tyto náklady významně ovlivnit profitabilitu strategií. Výsledky jednotlivých variant se zahrnutím TN jsou uvedeny v souhrnných tabulkách č. 11, 13 a 15 v příloze č. 1. Do hlavní části práce byly z důvodu srovnatelnosti zařazeny výsledky bez TN.

Vzhledem k vysokému množství ověřovaných variant a jejich verzí (s transakčními náklady či bez, s alarmem či bez) není možné v práci zhodnotit výsledky pro všechny varianty a jejich jednotlivé verze. V práci budou zhodnoceny výsledky realistické varianty, a to jak bez alarmu, tak i s jeho použitím. Výsledky ostatních variant jsou uvedeny v souhrnných tabulkách č. 12 až 15 v příloze č. 1. Dle názoru autora rebalance portfolií na základě realistické varianty nejlépe odpovídají skutečnosti.

4.4.1 Postup ověření modelu založeného na křížení klouzavých průměrů

Prvním krokem pro výpočet této strategie je určení klouzavých průměrů akcií z jejich závěrečných cen. V této práci jsou použity jednoduché klouzavé průměry, které jsou počítány dle vztahů (3.9) pro klouzavý průměr s krátkou periodou a (3.10) pro klouzavý průměr s dlouhou periodou. V MS Excel lze klouzavé průměry vypočítat jednoduše pomocí funkce PRŮMĚR. Následně je nutné určit, zda se v daném dni objevil signál k nákupu akcie, tedy zda byla splněna podmínka (3.11). Pokud došlo k naplnění této podmínky, je přiřazena dané akcií hodnota 1, v opačném případě 0. Tyto hodnoty jsou poté sečteny pomocí funkce SUMA – tím je získán počet akcií, které budou v daném dni zařazeny do portfolia. Dle naivního přístupu je pak z tohoto součtu určena váha jednotlivých akcií v portfoliu. Pro každý den jsou poté mezi sebou vynásobeny váhy akcií v portfoliu a jejich denní výnosy, čímž jsou získány výnosy akcií zařazených v portfoliu pro daný den. Součet těchto výnosů pak představuje výnos celého portfolia. Celý postup je zobrazen na ilustrativním příkladu na obrázku 4.4.

Obrázek 4.4 Ilustrativní příklad modelu založeného na křížení klouzavých průměrů

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Datum	A1	A2	Výnos A1	Výnos A2	MA5		MA10		1/0		Součet	Váha	Mezivýpočet Rp		Výnos portfolia	Vývoj prostředků		
2	03.01.2005	22,96	50,24			A1	A2	A1	A2	A1	A2			A1	A2				
3	04.01.2005	22,84	50,45	-0,51%	0,42%														
4	05.01.2005	22,56	49,75	-1,25%	-1,40%														
5	06.01.2005	22,66	50,25	0,46%	1,01%	=(C5-C4)/C4		=průměr(C2:C6)		=KDYŽ(F11>H11;1;0)				=KDYŽ(L11>0;1/L11;0)					
6	07.01.2005	22,53	50,29	-0,59%	0,08%	22,71	50,20												
7	10.01.2005	22,54	50,18	0,03%	-0,22%	22,63	50,18												
8	11.01.2005	22,32	49,32	-0,99%	-1,72%	22,52	49,96												
9	12.01.2005	22,01	48,69	-1,37%	-1,28%	22,41	49,75												
10	13.01.2005	21,89	49,02	-0,55%	0,67%	22,26	49,50												
11	14.01.2005	21,81	49,08	-0,36%	0,14%	22,11	49,26	22,41	49,73	0	0	0	0,00				1,0000		
12	17.01.2005	22,06	49,31	1,16%	0,46%	22,02	49,08	22,32	49,63	0	0	0	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	1,0000		
13	18.01.2005	22,16	48,86	0,46%	-0,92%	21,99	48,99	22,25	49,47	0	0	0	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	1,0000		
14	19.01.2005	22,20	47,93	0,17%	-1,90%	22,02	48,84	22,22	49,29	0	0	0	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	1,0000		
15	20.01.2005	22,10	47,45	-0,46%	-1,00%	22,07	48,52	22,16	49,01	0	0	0	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	1,0000		
16	21.01.2005	22,14	47,03	0,20%	-0,87%	22,13	48,11	22,12	48,69	1	0	1	1,00	0,00%	0,00%	0,00%	1,0000		
17	24.01.2005	22,21	46,89	0,30%	-0,30%	22,16	47,63	22,09	48,36	1	0	1	1,00	0,30%	0,00%	0,30%	1,0030		
18	25.01.2005	22,34	47,46	0,60%	1,21%	22,20	47,35	22,09	48,17	1	0	1	1,00	0,60%	0,00%	0,60%	1,0090		
19	26.01.2005	22,26	46,61	-0,35%	-1,80%	22,21	47,09	22,12	47,96	1	0	1	1,00	-0,35%	0,00%	-0,35%	1,0055		
20	27.01.2005	21,74	46,51	-2,33%	-0,20%	22,14	46,90	22,10	47,71	1	0	1	1,00	-2,33%	0,00%	-2,33%	0,9821		
21	28.01.2005	21,72	46,29	-0,09%	-0,49%	22,06	46,75	22,09	47,43	0	0	0	0,00	-0,09%	0,00%	-0,09%	0,9812		
22	31.01.2005	21,81	46,92	0,39%	1,37%	21,98	46,76	22,07	47,19	0	0	0	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,9812		
23	01.02.2005	21,88	47,07	0,31%	0,32%	21,88	46,68	22,04	47,02	0	0	0	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,9812		
24	02.02.2005	21,84	47,51	-0,18%	0,94%	21,80	46,86	22,00	46,97	0	0	0	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,9812		
25	03.02.2005	21,94	47,34	0,47%	-0,36%	21,84	47,03	21,99	46,96	0	1	1	1,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,9812		
26	04.02.2005	22,03	47,56	0,40%	0,46%	21,90	47,28	21,98	47,02	0	1	1	1,00	0,00%	0,46%	0,46%	0,9857		
27	07.02.2005	22,14	48,57	0,52%	2,13%	21,97	47,61	21,97	47,18	0	1	1	1,00	0,00%	2,13%	2,13%	1,0067		
28	08.02.2005	22,22	48,68	0,34%	0,22%	22,03	47,93	21,96	47,31	1	1	2	0,50	0,00%	0,22%	0,22%	1,0089		
29	09.02.2005	21,71	48,40	-2,27%	-0,57%	22,01	48,11	21,90	47,49	1	1	2	0,50	-1,14%	-0,29%	-1,42%	0,9946		
30	10.02.2005	21,27	48,24	-2,02%	-0,34%	21,88	48,29	21,86	47,66	1	1	2	0,50	-1,01%	-0,17%	-1,18%	0,9828		
31	11.02.2005	21,42	49,09	0,69%	1,78%	21,75	48,60	21,83	47,94	0	1	1	1,00	0,34%	0,89%	1,23%	0,9949		
32																			

Zdroj: Vlastní zpracování

4.4.2 Vzájemné porovnání variant

Ještě před detailním zhodnocením výsledků reálné varianty jsou porovnány dosažené konečné hodnoty prostředků a maximální poklesy u jednotlivých variant strategie během zkoumaného období. Tabulky 4.5 a 4.6 porovnávají konečnou hodnotu prostředků a maximální pokles u všech variant jednotlivých kombinací klouzavých průměrů, a to nejprve bez alarmu a poté i s jeho použitím. V tabulkách u jednotlivých variant jsou zeleně označeny nejlepší hodnoty konečných prostředků či MDD, oranžově pak druhé nejlepší hodnoty a červeně nejhorší.

Tabulka 4.5 Srovnání konečné hodnoty prostředků a maximálního poklesu pro jednotlivé varianty bez alarmu

	Optimistická		Pesimistická		Realistická	
	Prostředky	MDD	Prostředky	MDD	Prostředky	MDD
MA(5,10)	2,8315	67,85 %	2,8759	59,25 %	2,4641	73,93 %
MA(5,25)	2,8196	68,00 %	4,1844	56,81 %	3,0010	71,59 %
MA(5,50)	4,3318	65,23 %	4,5033	59,46 %	5,5136	62,98 %
MA(5,100)	1,9280	78,34 %	3,5225	63,82 %	1,9217	82,02 %
MA(10,25)	3,9931	64,65 %	5,1791	57,74 %	5,5930	58,28 %
MA(10,50)	4,5405	56,96 %	3,9149	60,07 %	4,2870	63,70 %
MA(10,100)	2,7777	66,75 %	4,4716	54,34 %	2,7168	71,10 %
MA(25,50)	4,8155	52,22 %	4,3681	55,39 %	6,6832	46,80 %
MA(25,100)	4,5151	49,35 %	4,5715	49,57 %	6,3906	46,80 %
MA(50,100)	3,8475	62,84 %	3,6208	65,77 %	4,7537	60,55 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky nelze jednoznačně určit, která varianta dosáhla na základě těchto dvou měřítek nejlepších výsledků. U žádné varianty nelze pozorovat, že by stabilně u všech kombinací klouzavých průměrů bylo dosahováno nejlepších či naopak nejhorších výsledků. U optimistické varianty si lze všimnout, že se nejčastěji v porovnání s ostatními umísťuje na druhém místě. U pesimistické a realistické varianty si pak lze všimnout větší polarizace výsledků – u některých kombinací MA zaznamenávají nejlepší výsledky, u dalších naopak propadají. Celkově lze tedy na základě této tabulky říct, že výsledky jednotlivých variant jsou vesměs náhodné.

Tabulky 4.6 Srovnání konečné hodnoty prostředků a maximálního poklesu pro jednotlivé varianty s alarmem

	Prostředky	MDD	Prostředky	MDD	Prostředky	MDD
	Optimistická		Pesimistická		Realistická	
MA (5,10)A	2,2648	53,91 %	1,9203	51,54 %	2,9497	43,02 %
MA (5,25)A	3,0419	48,49 %	3,0562	41,69 %	3,2176	50,11 %
MA (5,50)A	4,3623	30,82 %	3,9424	36,96 %	5,3539	29,83 %
MA (5,100)A	3,2665	37,57 %	4,1536	36,07 %	4,0267	42,34 %
MA (10,25)A	2,8836	49,33 %	3,5729	48,17 %	3,6547	42,74 %
MA (10,50)A	2,8946	42,75 %	2,6734	46,80 %	3,8940	35,39 %
MA (10,100)A	3,5798	29,57 %	3,2883	34,93 %	4,4373	31,89 %
MA (25,50)A	3,0481	45,20 %	3,0208	44,38 %	3,9017	42,92 %
MA (25,100)A	2,6426	34,29 %	2,8542	33,62 %	3,1725	36,11 %
MA (50,100)A	3,3849	30,02 %	3,7389	29,91 %	4,2406	28,49 %

Zdroj: Vlastní zpracování

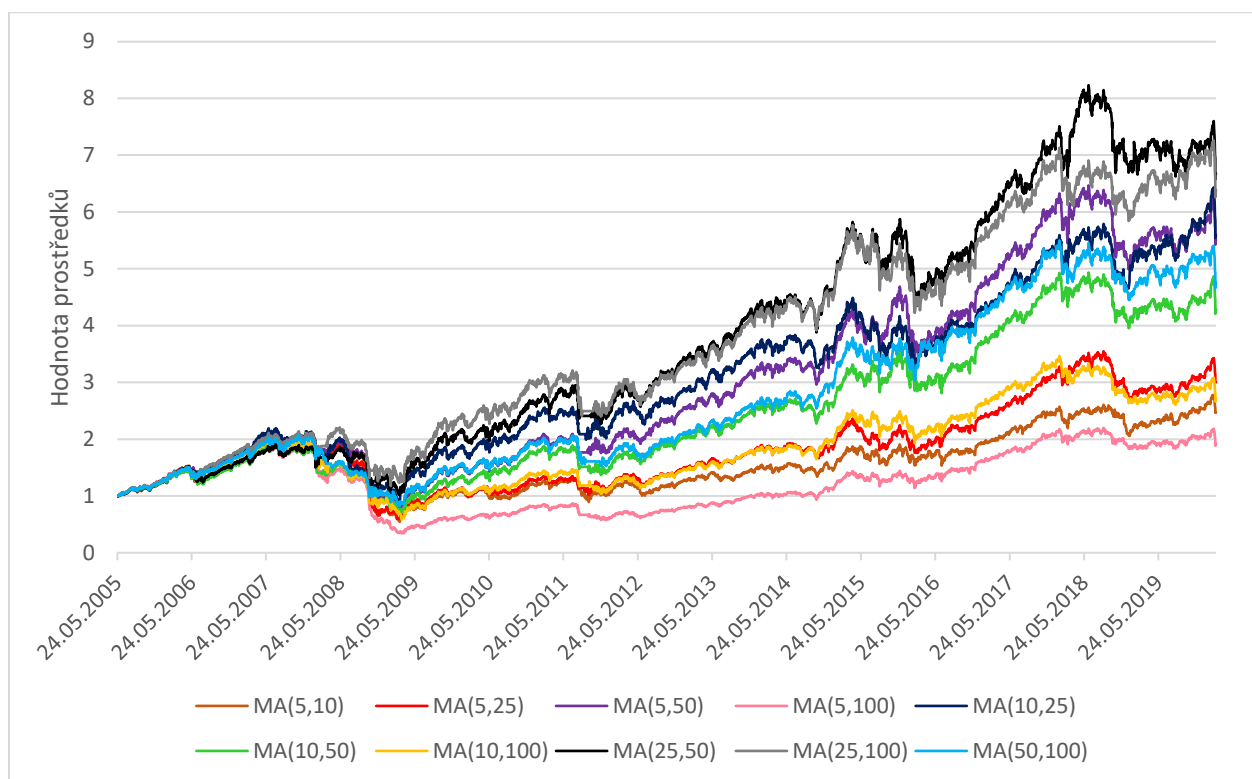
Zatímco při absenci alarmu nevykazovala žádná z variant lepší výsledky než ostatní, zde si lze všimnout, že realistická varianta u 9 z 10 kombinací vykazuje nejlepší konečný stav prostředků a u 6 z 10 kombinací také nejlepší hodnoty maximálního poklesu. Obecně lze tedy říct, že realistická varianta vychází z tohoto porovnání nejlépe, a to zejména ve srovnání konečných hodnot prostředků.

4.4.3 Výsledky strategie křížení klouzavých průměrů pro realistickou variantu

Na následujících řádcích jsou zhodnoceny celkové výsledky všech kombinací MA při aplikaci reálné varianty, a to bez zahrnutí transakčních nákladů. Graf 4.6 na následující stránce znázorňuje vývoj prostředků pro jednotlivé kombinace klouzavých průměrů bez použití alarmu. Z grafu je vidět, že křivky vývoje prostředků jsou si u jednotlivých strategií tvarově velmi podobné. Největší konečné hodnoty prostředků dosahuje strategie kombinace MA (25, 50), a to konkrétně 6,6832 euro. Naopak nejmenší konečná hodnota prostředků je ve zkoumaném období zaznamenána u kombinace MA (5, 100), a to konkrétně 1,9217 euro.

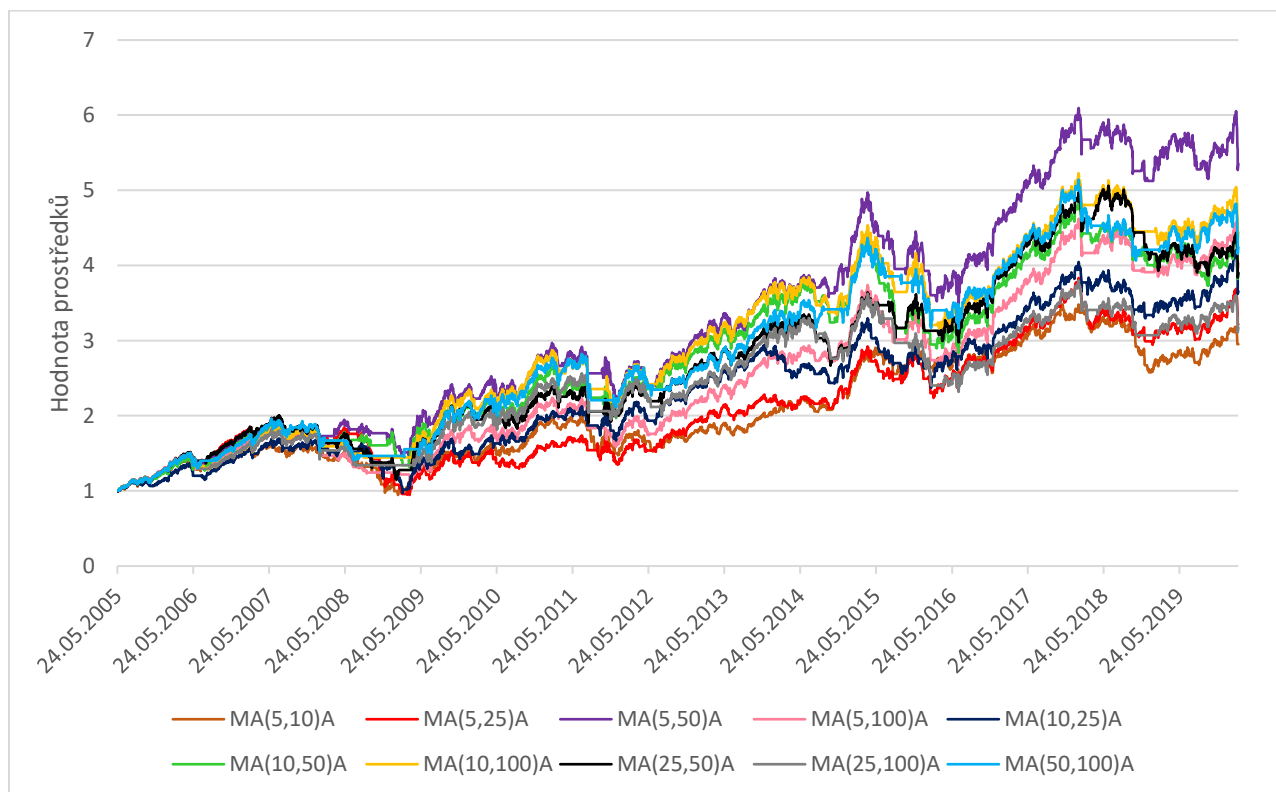
Graf 4.7 pak znázorňuje vývoje prostředků s použitím alarmu. Již na první pohled si na grafu lze všimnout, že jednotlivé křivky vývoje prostředků se při použití alarmu pohybují více „u sebe“. Dále je patrné, že kombinace MA s alarmem nedosahují tak vysokých výnosů jako kombinace bez alarmu. Použití alarmu však činí strategii méně rizikovou – křivky vývoje prostředků téměř u všech kombinací dosahují menších výkyvů. Nejvyšší konečná hodnota prostředků zde byla dosažena u kombinace MA (5, 50)A, která dosáhla hodnoty 5,3539 euro.

Graf 4.6 Vývoje prostředků – realistická varianta, bez alarmu a transakčních nákladů



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 4.7 Vývoj prostředků – realistická varianta, s alarmem, bez transakčních nákladů



Zdroj: Vlastní zpracování

Nejmenší konečná hodnota prostředků je lepší než u strategie bez alarmu - kombinace MA (5, 10)A dosáhla na konečnou hodnotu 2,9497 euro, což je znatelně lepší výsledek oproti výše zmíněné kombinaci MA (5, 100).

V souhrnné tabulce 4.7 na další straně jsou dopočítány míry rizika a výkonnosti pro všechny kombinace klouzavých průměrů. Obrat portfolia jednotlivých kombinací je uveden v posledních dvou sloupcích tabulky pod zkratkou OP. Jak již bylo uvedeno, nejvyšší konečné hodnoty prostředků ze všech dosahuje kombinace MA (25, 50) s hodnotou 6,6832 euro. Průměrný roční výnos této kombinace činí 13,61 % se směrodatnou odchylkou 26,04 %. Tato kombinace zaznamenala ve zkoumaném období maximální pokles prostředků ve výši 46,80 %, což se dá považovat za mírně lepší průměr. Sharpeho poměr činí 0,38, což je druhá nejlepší hodnota ze všech – na jeden p. b. rizika vyjádřeného směrodatnou odchylkou zde připadá 0,38 p. b. dodatečného výnosu. Kombinace také dosahuje v porovnání s ostatními velmi vysokých hodnot VaR 95 % a CVaR 95 %, které činí 2,53 %, respektive 3,95 %. Z toho vyplývá, že maximální ztráta portfolia během jednoho dne s 95 % pravděpodobností nepřesáhne 2,53 % a pokud ano, bude střední hodnota této ztráty 3,95 %. Průměrná denní absolutní odchylka od střední hodnoty výnosu zde činí 0,0109 neboli 1,09 p. b., což je opět jedna z nejvyšších hodnot. I roční semivariance, zaměřující se na negativní odchylky od průměru je v porovnání s ostatními vysoce nadprůměrná, jelikož činí 27,42 %. Pozitivní jsou hodnoty měřítek výkonnosti – MAD poměr dosahuje druhé nejlepší hodnoty 0,033, což znamená, že na každý p. b. průměrné absolutní odchylky od střední hodnoty výnosu zde připadá 0,033 p. b. dodatečného výnosu. Rachevův poměr dosahuje hodnoty 0,28, což je velmi podobná hodnota jako u ostatních kombinací. Opět velmi příznivé hodnoty v porovnání s ostatními dosahuje Sortino poměr, jehož hodnota na roční bázi činí 0,36. To znamená, že na každý p. b. rizika vyjádřeného semivariancí zde připadá 0,36 p. b. dodatečného výnosu. Průměrný obrat portfolia pak činí 4,55 %, což je lehce podprůměrná hodnota. Zahrnutí transakčních nákladů zde tedy bude mít menší vliv než u jiných kombinací.

Kombinace MA (5, 100) s nejhorší konečnou hodnotou prostředků ve výši 1,9217 euro, zaznamenala ve zkoumaném období průměrný roční výnos ve výši 4,48 % se směrodatnou odchylkou 25,44 %. Strategie s touto kombinací MA zaznamenala velmi vysoké ztráty koncem roku 2008, z nichž se poté jen těžko vzpamatovala.

Tabulka 4.7 Souhrnná tabulka všech kombinací klouzavých průměrů v realistické variantě bez transakčních nákladů

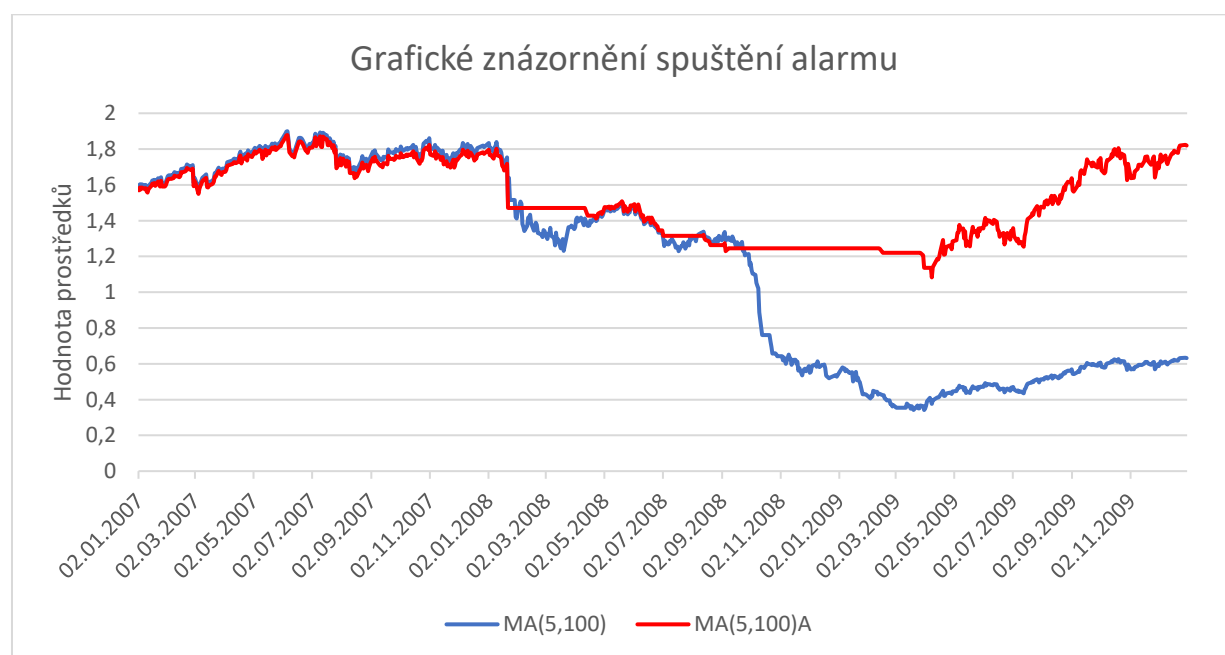
Strategie	W_T	R_p^*	σ_p^*	σ_p^{S*}	MAD	MDD	VaR 95 %	CVaR 95 %	Sharpeho poměr	MAD poměr	Rachevův poměr	Sortino poměr	STARR poměr	OP - průměr	OP - smodch
MA(5,10)	2,4641	6,24%	25,60%	27,24%	1,08 p. b.	73,93%	2,45%	4,02%	0,10	0,0088	0,27	0,09	0,006	20,18%	18,27%
MA(5,25)	3,0010	7,66%	24,91%	26,07%	1,05 p. b.	71,59%	2,37%	3,81%	0,16	0,0140	0,28	0,15	0,007	10,83%	13,22%
MA(5,50)	5,5136	12,15%	24,35%	25,66%	1,05 p. b.	62,98%	2,37%	3,75%	0,35	0,0295	0,29	0,33	0,011	7,17%	10,69%
MA(5,100)	1,9217	4,48%	25,44%	27,81%	1,07 p. b.	82,02%	2,49%	4,04%	0,03	0,0027	0,27	0,03	0,004	4,99%	8,88%
MA(10,25)	5,5930	12,26%	26,15%	26,30%	1,08 p. b.	58,28%	2,41%	3,82%	0,33	0,0291	0,29	0,32	0,012	9,06%	11,93%
MA(10,50)	4,2870	10,27%	24,91%	26,45%	1,07 p. b.	63,70%	2,49%	3,83%	0,26	0,0227	0,29	0,25	0,010	5,58%	9,33%
MA(10,100)	2,7168	6,94%	26,76%	27,93%	1,09 p. b.	71,10%	2,50%	4,07%	0,12	0,0110	0,27	0,11	0,006	3,80%	7,82%
MA(25,50)	6,6832	13,61%	26,04%	27,42%	1,09 p. b.	46,80%	2,52%	4,00%	0,38	0,0330	0,28	0,36	0,012	4,55%	8,21%
MA(25,100)	6,3906	13,27%	26,26%	27,24%	1,09 p. b.	46,80%	2,53%	3,95%	0,36	0,0321	0,29	0,35	0,012	2,67%	6,17%
MA(50,100)	4,7537	11,04%	25,78%	26,74%	1,08 p. b.	60,55%	2,51%	3,90%	0,28	0,0250	0,29	0,27	0,010	2,33%	5,85%
MA(5,10)A	2,9497	7,54%	20,00%	19,27%	0,79 p. b.	43,02%	2,03%	3,24%	0,19	0,0181	0,25	0,20	0,007	14,68%	15,09%
MA(5,25)A	3,2176	8,17%	19,82%	19,28%	0,80 p. b.	50,11%	1,97%	3,15%	0,22	0,0207	0,26	0,23	0,008	8,11%	11,44%
MA(5,50)A	5,3539	11,93%	19,51%	19,01%	0,81 p. b.	29,83%	1,96%	3,08%	0,42	0,0374	0,27	0,43	0,012	5,56%	9,44%
MA(5,100)A	4,0267	9,81%	19,50%	19,69%	0,80 p. b.	42,34%	2,00%	3,11%	0,31	0,0282	0,27	0,31	0,010	3,93%	8,19%
MA(10,25)A	3,6547	9,09%	20,05%	19,27%	0,81 p. b.	42,74%	1,98%	3,12%	0,27	0,0246	0,27	0,28	0,009	6,93%	10,51%
MA(10,50)A	3,8940	9,56%	20,22%	19,97%	0,83 p. b.	35,39%	2,06%	3,20%	0,29	0,0263	0,26	0,29	0,009	4,25%	8,08%
MA(10,100)A	4,4373	10,53%	19,59%	19,48%	0,80 p. b.	31,89%	1,98%	3,07%	0,35	0,0314	0,27	0,35	0,011	2,87%	6,81%
MA(25,50)A	3,9017	9,57%	20,93%	20,59%	0,83 p. b.	42,92%	2,07%	3,30%	0,28	0,0261	0,26	0,28	0,009	3,54%	7,63%
MA(25,100)A	3,1725	8,06%	20,10%	19,94%	0,82 p. b.	36,11%	2,07%	3,20%	0,22	0,0199	0,26	0,22	0,008	1,95%	5,31%
MA(50,100)A	4,2406	10,19%	20,12%	19,73%	0,81 p. b.	28,49%	2,04%	3,19%	0,32	0,0295	0,26	0,33	0,010	1,83%	5,66%

Zdroj: Vlastní zpracování

Při bližším zkoumání vývoje prostředků kombinace MA (5,100) došlo ke zjištění, že v tomto období bylo portfolio tvořeno pouze několika málo akciami (často pouze jednou), které v té době zaznamenávaly velmi vysoké ztráty. Tato skutečnost se poté výrazně negativně projevila na vývoji prostředků. Maximální pokles prostředků během zkoumaného období činí 82,02 %, což je nejvyšší hodnota ze všech kombinací MA u této varianty strategie. Sharpeho a Sortino poměry mají hodnotu 0,03, což jsou opět nejmenší hodnoty ze všech zkoumaných kombinací. Také MAD poměr dosáhl v porovnání s ostatními velmi nízké hodnoty – na jeden p. b. absolutní odchylky od střední hodnoty denního výnosu zde připadá pouze 0,0027 p. b. dodatečného výnosu. Jediným „pozitivem“ je zde poměrně nízká hodnota obratu portfolia, která průměrně činila 4,99 % se směrodatnou odchylkou 8,88 %. Započítání transakčních nákladů zde tedy nemá tak vysoký vliv jako například u kombinace MA (5, 10), viz tabulka 11 v příloze č. 1.

Zajímavé srovnání se nabízí při pohledu na kombinaci MA (5, 100)A. Použití alarmu zde dokázalo výrazně zmenšit ztráty způsobené u MA (5, 100) během finanční krize. Zatímco bez použití alarmu klesla hodnota prostředků této kombinace ke dni 31. března 2009 až na 0,3416 euro, při použití alarmu by se propadla hodnota prostředků pouze na 1,0829 euro. Tuto situaci velmi dobře ilustruje graf 4.8, v němž je detailně zobrazen vývoj prostředků u obou strategií v období od 2. ledna 2007 do 30. prosince 2009.

Graf 4.8 Grafické znázornění spuštění alarmu u kombinace MA (5,100)



Zdroj: Vlastní zpracování

Na červené křivce je názorně ukázáno, jak může použití alarmu zabránit vysokým ztrátám. Ploché části červené křivky velmi čitelně ukazují momenty, kdy došlo ke spuštění alarmu a na jeho základě pak došlo ke kompletnímu vystoupení z trhu. Na tomto příkladu lze jasně vidět možné použití klouzavých průměrů jako indikátoru systémového rizika.

Čtenáře práce může také zaujmout v souvislosti s alarmem analýza konečných stavů prostředků a MDD u všech kombinací klouzavých průměrů, které byly ověřovány. Tabulka 4.8 porovnává konečné hodnoty prostředků všech kombinací klouzavých průměrů, přičemž kombinace bez alarmu byly seřazeny dle výše konečných prostředků při využití alarmu.

Tab 4.8 Seřazené hodnoty konečných prostředků v eurech

Kombinace MA	Bez alarmu	S alarmem
MA(5,100)	1,9217	4,0267
MA(5,10)	2,4641	2,9497
MA(10,100)	2,7168	4,4373
MA(5,25)	3,0010	3,2176
MA(10,50)	4,2870	3,8940
MA(50,100)	4,7537	4,2406
MA(5,50)	5,5136	5,3539
MA(10,25)	5,5930	3,6547
MA(25,100)	6,3906	3,1725
MA(25,50)	6,6832	3,9017
Průměr	4,3325	3,8849
Sm. odch.	1,6313	0,6701

Zdroj: Vlastní zpracování

Určitou zajímavostí je fakt, že použití alarmu u této varianty do jisté míry „vyrovnává“ rozpětí konečných prostředků u kombinací bez alarmu. U téměř všech kombinací MA, které bez použití alarmu dosahovaly podprůměrného konečného stavu prostředků došlo při použití alarmu ke zvýšení výnosnosti strategie. Naopak bez výjimky u všech kombinací, jejichž konečné prostředky přesáhly průměr, došlo použitím alarmu více či méně ke snížení konečné hodnoty prostředků. Tato zjištění jsou podpořena také posledními dvěma řádky tabulky, v nichž jsou vypočítány průměry konečných prostředků a jejich směrodatné odchylky v absolutním vyjádření. Zatímco bez použití alarmu činil průměrný konečný stav prostředků všech kombinací 4,3325 euro se směrodatnou odchylkou 1,6313 euro, s použitím alarmu byl konečný stav prostředků 3,8849 euro se směrodatnou odchylkou 0,6701 euro. Z toho vyplývá, že použití alarmu sice v průměru mírně snižuje výnosnost strategií, ale také snižuje možné rozpětí, ve kterém se bude výnosnost strategie pohybovat. U optimistické varianty také do jisté míry došlo

k zúžení rozpětí konečných hodnot prostředků, nicméně již ne v takové míře jako u realistické varianty. U pesimistické varianty je pak vliv alarmu na konečnou hodnotu prostředků čistě náhodný. Srovnání konečných stavů prostředků u optimistické a pesimistické varianty zobrazují tabulky 3, 5, 7 a 9 v příloze č. 1.

V tabulce 4.9 jsou zobrazeny jednotlivé maximální poklesy pro všechny kombinace klouzavých průměrů. Z tabulky je naprosto zřetelné, u realistické varianty dochází při použití alarmu ke snížení maximálního poklesu u všech kombinací klouzavých průměrů. Nejmenší vliv mělo použití alarmu u kombinace MA (25, 50), u níž se snížil maximální pokles pouze o 3,88 p. b. Naopak největší efekt měl alarm u výše zmíněných kombinací MA (5, 100), kde došlo ke snížení maximálního poklesu prostředků o 39,68 p. b., což se dá považovat za opravdu velmi vysokou hodnotu. Další vysoký rozdíl lze pozorovat u kombinací MA (10, 100), kde se maximální pokles prostředků snížil o 39,21 p. b., dále u kombinací MA (50, 100), kde se maximální pokles prostředků snížil o 32,06 p. b. a také u kombinací MA (5, 10), kde byl rozdíl mezi maximálními poklesy prostředků ve výši 30,92 p. b. Bez použití alarmu dosahuje průměrný maximální pokles u všech kombinací 63,77 % se směrodatnou odchylkou 10,81 %. Použití alarmu snižuje průměrný maximální pokles na 38,28 % se směrodatnou odchylkou 6,64 %. Průměrné snížení maximálního poklesu při použití alarmu pak dosahuje 25,49 p. b. se směrodatnou odchylkou 11,53 p. b. Výrazné snížení maximálních poklesů bylo zaznamenáno také u optimistické a pesimistické varianty strategie, jejichž srovnání je uvedeno v tabulkách 4, 6, 8 a 10 v příloze č. 1.

Tabulka 4.9 Srovnání maximálních poklesů

	MDD bez alarmu	MDD s alarmem	Rozdíl
MA(5,10)	73,93 %	43,02 %	30,92 p. b.
MA(5,25)	71,59 %	50,11 %	21,47 p. b.
MA(5,50)	62,98 %	29,83 %	33,15 p. b.
MA(5,100)	82,02 %	42,34 %	39,68 p. b.
MA(10,25)	58,28 %	42,74 %	15,54 p. b.
MA(10,50)	63,70 %	35,39 %	28,31 p. b.
MA(10,100)	71,10 %	31,89 %	39,21 p. b.
MA(25,50)	46,80 %	42,92 %	3,88 p. b.
MA(25,100)	46,80 %	36,11 %	10,68 p. b.
MA(50,100)	60,55 %	28,49 %	32,06 p. b.
Průměr	63,77 %	38,28 %	25,49 p. b.
Sm. odch.	10,81 %	6,64 %	11,53 p. b.

Zdroj: Vlastní zpracování

Obecně lze tedy konstatovat, že použití alarmu výrazně snižuje celkovou rizikovost strategie, neboť snižuje nejen maximální pokles, ale i další ukazatele rizika. Toto zjištění odpovídá výsledkům publikovaných v Kouaissah (2018). Použití alarmu má však v této práci rozdílný vliv na výnosnost. Zatímco v uvedené publikaci mělo použití alarmu za následek vyšší hodnoty konečných prostředků u všech použitých kombinací klouzavých průměrů, v této práci vedlo použití alarmu k jejich snížení. Ačkoli lze polemizovat o možném pozitivním vlivu použití alarmu u kombinací, které dosahovaly nejhorších výsledků, v průměru vedlo použití alarmu ke snížení konečné hodnoty prostředků napříč všemi variantami strategie, viz tabulky 3, 5, 7 a 9 v příloze č. 1.

Dle názoru autora však mohou být výsledky uvedené v původní publikaci zkreslené. Problémem je totiž nevhodně zvolený interval rebalancí portfolia – v původní práci jsou portfolia rebalancována každých 15 dní. Výběr tohoto intervalu však není nijak zdůvodněn a je možné, že při posunutí intervalu o několik dní by strategie měla odlišné výsledky. S tím souvisí další problém, který může nastat, pokud by např. těsně po rebalanci portfolia došlo k prudkému propadu celého trhu, čímž by mělo dojít k aktivování alarmu a kompletnímu vystoupení z trhu. K ničemu takovému by však nedošlo, neboť další rebalance by proběhla až za několik dalších dní s odlišnými hodnotami MA, které by již nemusely signalizovat spuštění alarmu. Denní rebalance se tedy jeví jako lepší volba, neboť u ní dochází k okamžité reakci na vývoj ceny.

4.5 Srovnání výsledků všech modelů

Následující řádky jsou věnovány celkovému zhodnocení výsledků všech modelů, které byly v této práci ověřovány. Nejprve je zde popsána souhrnná tabulka 4.10 na následující stránce, ve které jsou zobrazeny všechny dosažené výsledky pro naivní strategii a index, dále pro strategii s minimálním rizikem a tangenciální strategii a zejména také pro realistickou variantu modelu založeného na křížení klouzavých průměrů.

Tabulka 4.10 Souhrnná tabulka porovnání všech modelů v realistické variantě bez transakčních nákladů

Strategie	W_T	R_p^*	σ_p^*	σ_p^{S*}	MAD	MDD	VaR 95 %	CVaR 95 %	Sharpeho poměr	MAD poměr	Rachevův poměr	Sortino poměr	STARR poměr	OP - průměr	OP – smodch
MA(5,10)	2,4641	6,24%	25,60%	27,24%	1,08 p. b.	73,93%	2,45%	4,02%	0,10	0,0088	0,27	0,09	0,01	20,18%	18,27%
MA(5,25)	3,0010	7,66%	24,91%	26,07%	1,05 p. b.	71,59%	2,37%	3,81%	0,16	0,0140	0,28	0,15	0,01	10,83%	13,22%
MA(5,50)	5,5136	12,15%	24,35%	25,66%	1,05 p. b.	62,98%	2,37%	3,75%	0,35	0,0295	0,29	0,33	0,01	7,17%	10,69%
MA(5,100)	1,9217	4,48%	25,44%	27,81%	1,07 p. b.	82,02%	2,49%	4,04%	0,03	0,0027	0,27	0,03	0,00	4,99%	8,88%
MA(10,25)	5,5930	12,26%	26,15%	26,30%	1,08 p. b.	58,28%	2,41%	3,82%	0,33	0,0291	0,29	0,32	0,01	9,06%	11,93%
MA(10,50)	4,2870	10,27%	24,91%	26,45%	1,07 p. b.	63,70%	2,49%	3,83%	0,26	0,0227	0,29	0,25	0,01	5,58%	9,33%
MA(10,100)	2,7168	6,94%	26,76%	27,93%	1,09 p. b.	71,10%	2,50%	4,07%	0,12	0,0110	0,27	0,11	0,01	3,80%	7,82%
MA(25,50)	6,6832	13,61%	26,04%	27,42%	1,09 p. b.	46,80%	2,52%	4,00%	0,38	0,0330	0,28	0,36	0,01	4,55%	8,21%
MA(25,100)	6,3906	13,27%	26,26%	27,24%	1,09 p. b.	46,80%	2,53%	3,95%	0,36	0,0321	0,29	0,35	0,01	2,67%	6,17%
MA(50,100)	4,7537	11,04%	25,78%	26,74%	1,08 p. b.	60,55%	2,51%	3,90%	0,28	0,0250	0,29	0,27	0,01	2,33%	5,85%
MA(5,10)A	2,9497	7,54%	20,00%	19,27%	0,79 p. b.	43,02%	2,03%	3,24%	0,19	0,0181	0,25	0,20	0,01	14,68%	15,09%
MA(5,25)A	3,2176	8,17%	19,82%	19,28%	0,80 p. b.	50,11%	1,97%	3,15%	0,22	0,0207	0,26	0,23	0,01	8,11%	11,44%
MA(5,50)A	5,3539	11,93%	19,51%	19,01%	0,81 p. b.	29,83%	1,96%	3,08%	0,42	0,0374	0,27	0,43	0,01	5,56%	9,44%
MA(5,100)A	4,0267	9,81%	19,50%	19,69%	0,80 p. b.	42,34%	2,00%	3,11%	0,31	0,0282	0,27	0,31	0,01	3,93%	8,19%
MA(10,25)A	3,6547	9,09%	20,05%	19,27%	0,81 p. b.	42,74%	1,98%	3,12%	0,27	0,0246	0,27	0,28	0,01	6,93%	10,51%
MA(10,50)A	3,8940	9,56%	20,22%	19,97%	0,83 p. b.	35,39%	2,06%	3,20%	0,29	0,0263	0,26	0,29	0,01	4,25%	8,08%
MA(10,100)A	4,4373	10,53%	19,59%	19,48%	0,80 p. b.	31,89%	1,98%	3,07%	0,35	0,0314	0,27	0,35	0,01	2,87%	6,81%
MA(25,50)A	3,9017	9,57%	20,93%	20,59%	0,83 p. b.	42,92%	2,07%	3,30%	0,28	0,0261	0,26	0,28	0,01	3,54%	7,63%
MA(25,100)A	3,1725	8,06%	20,10%	19,94%	0,82 p. b.	36,11%	2,07%	3,20%	0,22	0,0199	0,26	0,22	0,01	1,95%	5,31%
MA(50,100)A	4,2406	10,19%	20,12%	19,73%	0,81 p. b.	28,49%	2,04%	3,19%	0,32	0,0295	0,26	0,33	0,01	1,83%	5,66%
Min. riziko	6,7973	13,74%	16,92%	17,38%	0,74 p. b.	40,42%	1,62%	2,45%	0,59	0,0490	0,32	0,58	0,02	22,34%	13,77%
Tangenciální	7,0508	14,02%	20,19%	21,37%	0,91 p. b.	52,29%	1,96%	3,02%	0,51	0,0412	0,31	0,48	0,02	41,25%	8,58%
Naivní strategie	4,4426	10,53%	20,82%	21,64%	0,90 p. b.	58,61%	2,04%	3,11%	0,33	0,0280	0,30	0,31	0,01	-	-
Index	2,6970	6,89%	20,90%	21,79%	0,91 p. b.	54,77%	2,03%	3,11%	0,15	0,0130	0,30	0,14	0,01	-	-

Zdroj: Vlastní zpracování

Ze souhrnné tabulky je patrné, nejvyšší konečné hodnoty prostředků (W_T) dosahuje tangenciální strategie – konkrétně 7,0508 euro, načež hned za ní se umístila strategie s minimálním rizikem, jejíž konečná hodnota prostředků dosáhla při znatelně menší rizikovosti 6,7973 euro. Všechny strategie kromě MA (5, 10) a MA (5, 100) pak dosahují ve zkoumaném období vyšší konečné hodnoty prostředků než index. Naivní strategii v tomto ohledu překonává celkem 8 strategií. Konkrétně se jedná o tangenciální strategii, strategii s minimálním rizikem a strategie s kombinacemi MA (25, 50), MA (25, 100), MA (5, 50), MA (10, 25), MA (50, 100) a MA (5, 50)A. Srovnávání portfolií pouze na základě konečné hodnoty prostředků je však nedostačující, neboť je nutné brát v úvahu i míry rizika portfolia a výkonnosti portfolia.

Na základě porovnání všech kritérií v souhrnné tabulce (kromě obratu portfolia) lze vytvořit množinu tzv. nedominovaných strategií. Tato množina obsahuje všechny strategie, pro které nelze nalézt jinou strategii, která by některou z nich překonávala u všech kritérií. Nedominované strategie jsou efektivními strategiemi. Množinu nedominovaných strategií tvoří tangenciální strategie, strategie s min. rizikem a dále také strategie MA (5, 50)A, MA (10, 100)A a jako poslední MA (50, 100)A. Po bližším přezkoumání je patrné, že strategie s min. rizikem dosahuje nejlepších hodnot hned u 10 kritériích z 13. Lze u ní nalézt nejlepší hodnoty pro směrodatnou odchylku průměrného výnosu, semivarianci, MAD, VaR, CVaR a také pro všechny míry výkonnosti portfolia. Tangenciální strategie je v množině nedominovaných strategií díky nejlepší konečné hodnotě prostředků a průměrnému výnosu, zatímco strategie MA (5, 50)A a MA (50, 100)A se oproti strategii s minimálním rizikem vyznačují lepšími hodnotami maximálního poklesu. Strategie MA (10, 100)A je zařazena v množině nedominovaných strategií z důvodu lepší hodnoty maximálního poklesu než strategie s min. rizikem a zároveň dosahuje lepších hodnot MAD než MA (5, 50)A, která tuto strategii dominuje ve všech ostatních kritériích.

Pro další srovnání je také vytvořena množina strategií, které dominují naivní strategii či index. Naivní strategie je dominována ve všech kritériích pouze strategií s minimálním rizikem. Je však třeba zmínit, že např. tangenciální strategie překonává naivní strategii ve všech kritériích kromě MAD, kde naivní strategie dosahuje hodnoty 0,90 p. b., zatímco MAD pro tangenciální strategii činí 0,91 p. b. Podobně je na tom i strategie MA (5, 50)A, která poměrně výrazně překonává naivní strategii u všech kritérií kromě Rachevova poměru.

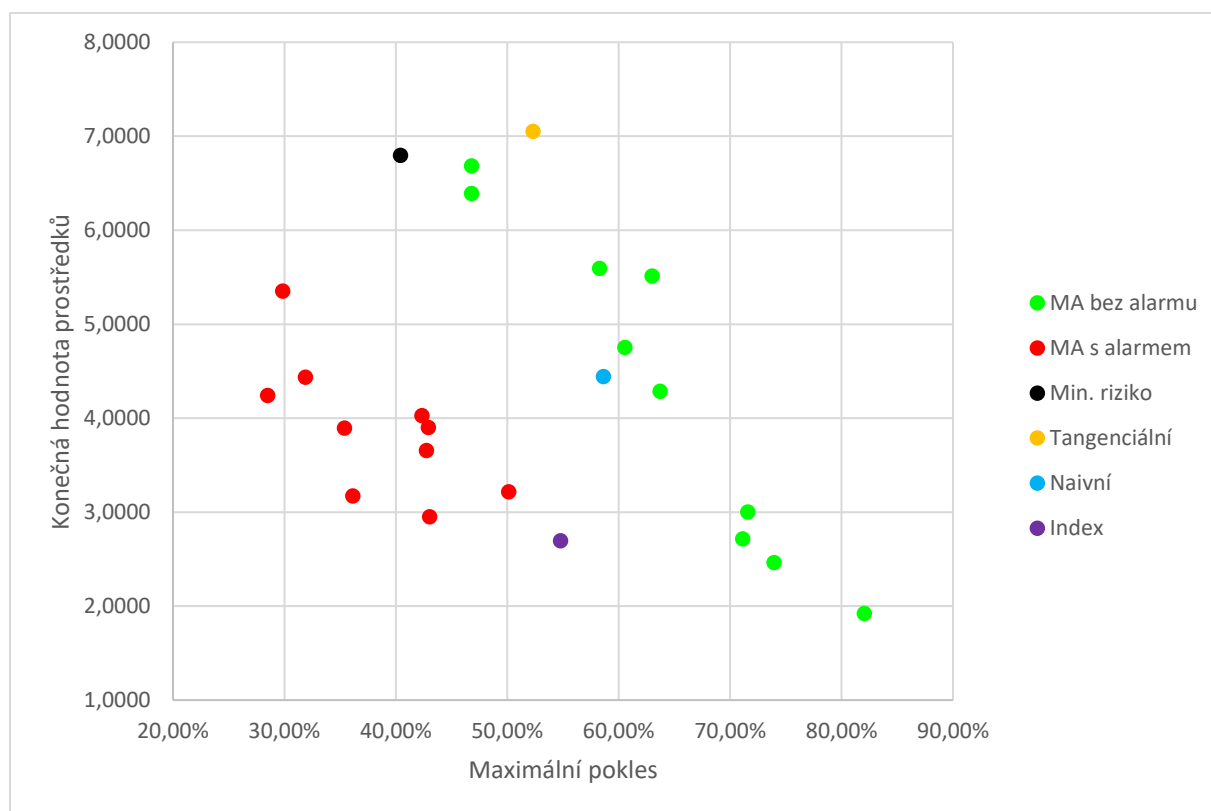
Index je u všech kritérií dominován tangenciální strategií a strategií s minimálním rizikem. Pokud by nebyl brán úvahu Rachevův poměr, pak index překonávají ve všech ohledech také MA (5, 50)A, MA (5, 100)A a také MA(10, 100)A.

Z tabulky také vyplývá, že naivní strategie dominuje ve všech ohledech velkou část

strategií založených na křížení klouzavých průměrů (bez alarmu). Konkrétně se jedná o MA (5, 10), MA (5, 25), MA (5, 100), MA (10, 50) a MA (10, 100). Strategie MA (5, 10) a MA (5, 100) jsou dokonce dominovány také indexem.

Obecně lze tedy říct, že nejlepších výsledků ve zkoumaném období dosahuje strategie s minimálním rizikem, která dosahuje nejlepších hodnot u 10 kritérií z 13. V porovnání s ostatními lze příznivě hodnotit také tangenciální strategii, která dosáhla největší konečné hodnoty prostředků. Ve srovnání si naopak nevede dobře velká část strategií založených na klouzavých průměrech (bez alarmu), neboť jsou dominovány naivní strategií a ve dvou případech dokonce i indexem. Použití alarmu sice snižuje rizikovost jednotlivých strategií, nicméně je tomu tak na úkor výnosnosti. Strategie MA (5, 50) a pak jako jediná ze všech kombinací MA překonává naivní strategii téměř ve všech ohledech. Obecně špatná výkonnost strategií založených na křížení MA je dále umocněna zahrnutím transakčních nákladů, viz tabulky 11 až 15 v příloze č. 1. Výsledky zjištěné v této práci jsou tedy v rozporu s publikací Kouaissah (2018). Pro větší přehlednost je část výsledků práce prezentována také na grafech 4.9 až 4.12.

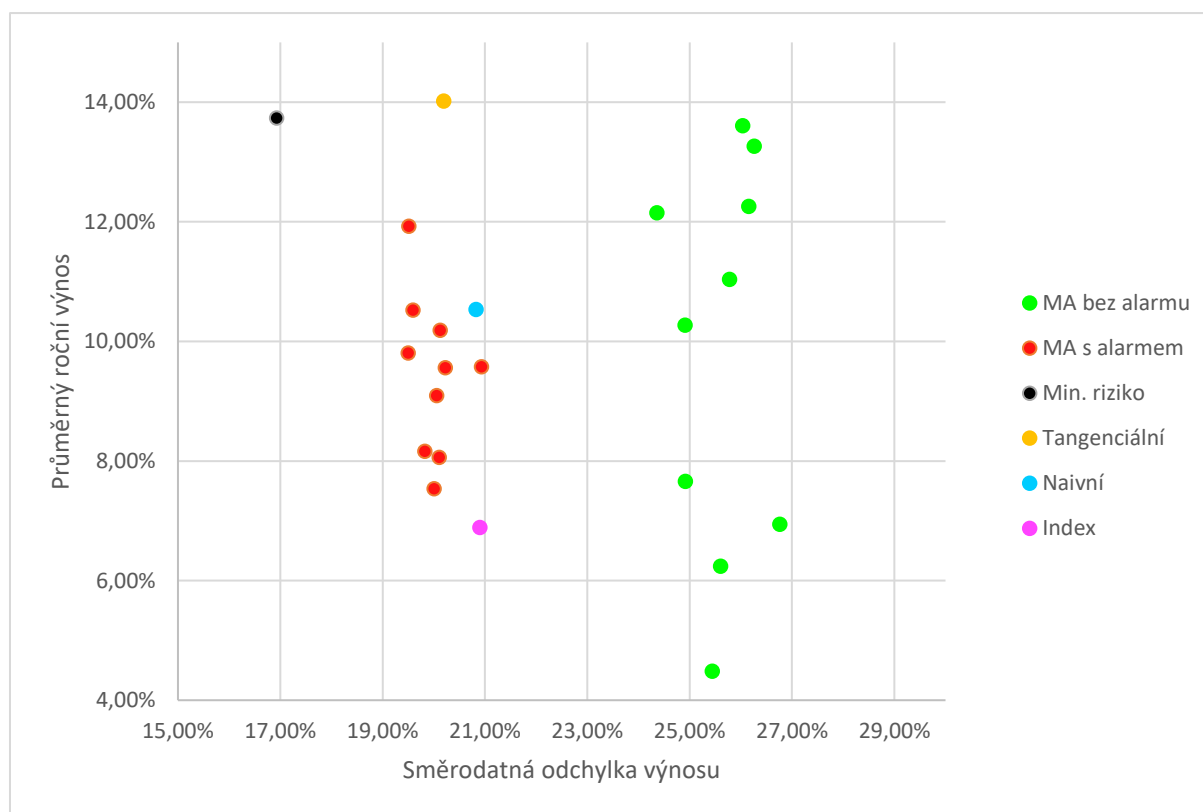
Graf 4.9 Porovnání konečných hodnot prostředků a maximálních poklesů všech ověřovaných strategií



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 4.9 ukazuje konečný vývoj prostředků a maximální pokles jednotlivých strategií. Na grafu je velmi názorně vidět, jak použití alarmu snižuje MDD, ale zároveň i výnosnost strategií založených na křížení MA. Dále je také vidět, jak většina strategií na základě těchto dvou kritérií překonává index, zatímco naivní strategii překonává pouze méně než polovina ověřovaných strategií. Graf 4.10, který porovnává průměrný roční výnos strategií vůči jeho směrodatné odchylce výše zmíněné skutečnosti dále potvrzuje. Na grafu si lze všimnout zajímavého chování strategií využívající křížení MA, zejména bez použití alarmu. Zatímco směrodatná odchylka se u všech kombinací pohybuje v rozmezí od 24,5 % do 26,76 %, průměrný výnos má naopak mnohem vyšší rozpětí, neboť se pohybuje od 4,48 % do 16,61 %. Na grafu je také jasné vidět, jak strategie s min. rizikem překonává kromě rizikovější tangenciální strategie všechny ostatní přístupy.

Graf 4.10 Porovnání průměrného ročního výnosu a jeho směrodatné odchylky u všech ověřovaných strategií

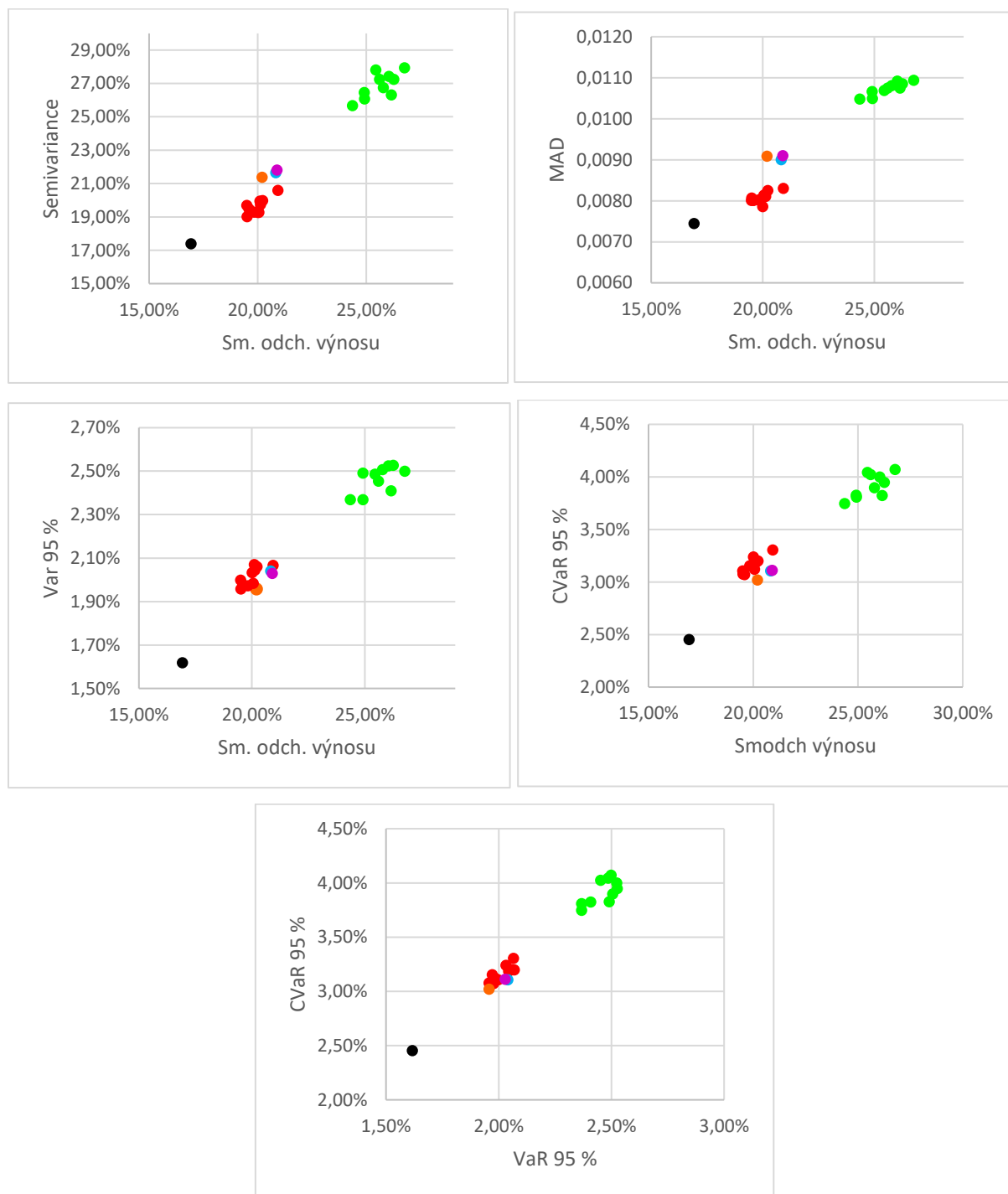


Zdroj: Vlastní zpracování

Na závěr hodnocení jsou pro doplnění graficky znázorněny vztahy mezi jednotlivými měřítky rizika a výkonnosti. Graf 4.11 se skládá z 5 samostatných grafů. První 4 grafy postupně ukazují lineární růst semivariance, MAD, VaR 95 % a CVaR 95 % při růstu směrodatné

odchylky výnosu. Pátý graf umístěný dole uprostřed ukazuje vztah mezi hodnotami CVaR 95 % a VaR 95 %. Ze všech grafů je patrné, že mezi zkoumanými ukazateli je přítomna lineární závislost – pokud roste hodnota jednoho ukazatele, roste stejným způsobem i hodnota toho druhého. Jednotlivé strategie jsou barevně rozčleněny stejným způsobem jako u předchozích dvou grafů.

Graf 4.11 Závislost jednotlivých měř rizika na směrodatné odchylce + závislost VaR a CVaR

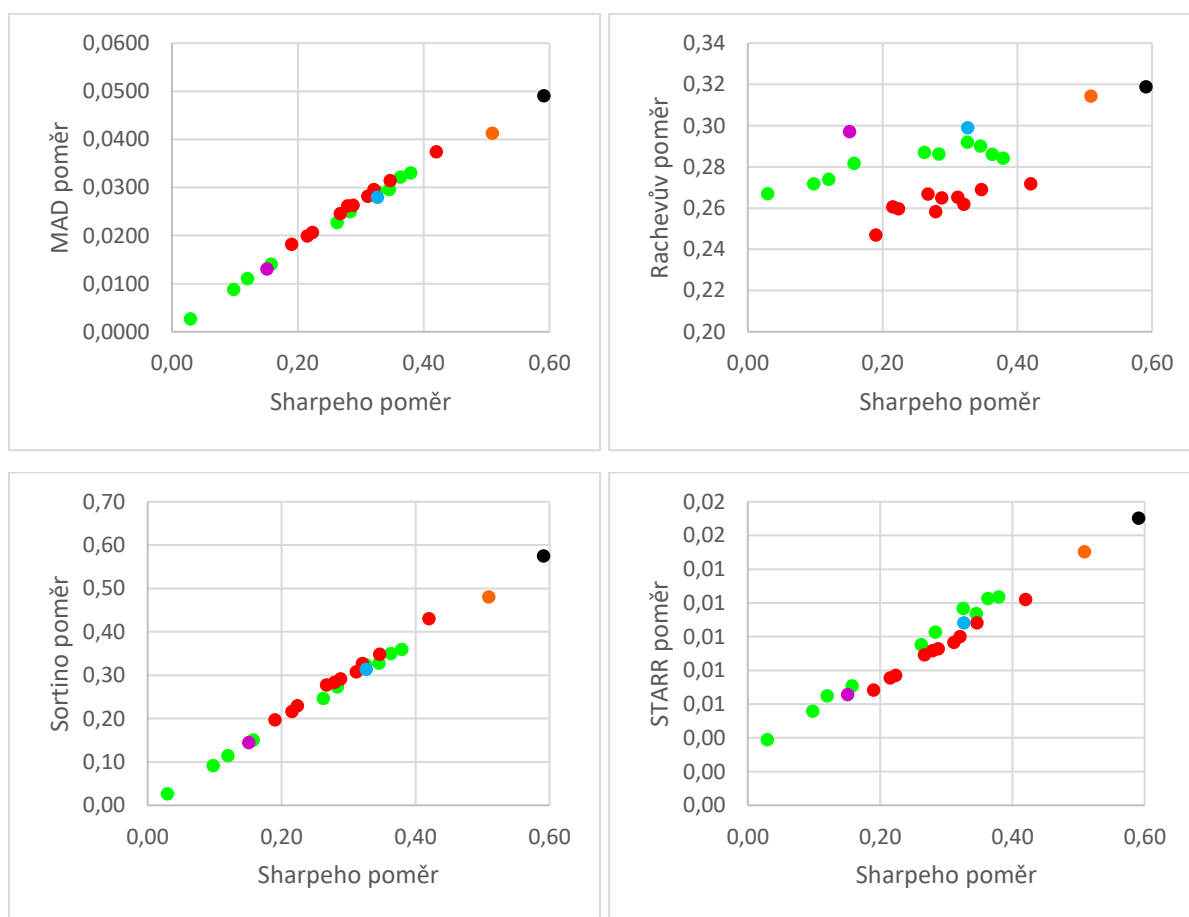


Zdroj: Vlastní zpracování

Ze stejného principu pak vychází i graf 4.12. Zde jsou na 4 grafech poměřovány jednotlivé míry výkonnosti vůči Sharpeho poměru. U MAD, Sortino a STARR poměrů lze pozorovat, že pokud roste Sharpeho poměr, rostou téměř ve stejné míře i hodnoty těchto poměrů, což znamená, že je zde přítomna lineární závislost. Tento vztah je méně zřetelný u Rachevova poměru, kde jsou jednotlivé hodnoty více rozptýlené a závislost je tak slabší. Stále však platí, že strategie s největším Sharpeho poměrem dosahují také nejlepšího Rachevova poměru a naopak.

V grafech 4.11 a 4.12 je také velmi dobře patrné, jak všechny kombinace strategie MA bez alarmu vykazují nejhorší výsledky u měř rizika a výkonnosti. Druhým extrémem je pak strategie s minimálním rizikem (označená černě), která naopak dosahuje ve všech grafech nejlepších hodnot.

Graf 4.12 Závislost jednotlivých měř rizika na Sharpeho poměru



Zdroj: Vlastní zpracování

5 Závěr

Cílem práce je ověření výkonnosti několika modelů (strategií) sloužících k optimalizaci akciového portfolia. Jednotlivé modely jsou ověřovány na reálných datech akcií zařazených v německém akciovém indexu DAX, a to v období od 24. května 2005 do 2. března 2020. V práci je nejprve ověřena výkonnost naivní strategie a pro doplnění také výkonnost samotného akciového indexu, jejichž výsledky pak tvoří určitý benchmark, s nímž jsou porovnávány další strategie. Dále je zde ověřována výkonnost strategie s minimálním rizikem a tangenciální strategie, u nichž jsou portfolia vytvářena na základě předem definovaných optimalizačních úloh. V neposlední řadě je v práci ověřen také model založený na křížení klouzavých průměrů, a to v několika verzích a variantách.

Práce se skládá z pěti kapitol, přičemž první a poslední kapitoly tvoří úvod a závěr. Druhá kapitola práce je věnována popisu měr rizika a výkonnosti portfolia. Nejprve jsou zde popsány základní charakteristiky jednotlivých akcií a portfolia, jako jsou např. výnosy akcií, výnosy portfolia, směrodatná odchylka, agregace výnosů v čase či šikmost a špičatost pravděpodobnostního rozdělení pozorovaných výnosů. Poté následuje popis oboustranných a jednostranných měr rizika a také vlastnosti, kterými by se měly kvalitní míry rizika vyznačovat. Dále je zde uveden popis konkrétních měr rizika používaných v práci, z nichž lze uvést např. Value at Risk či semivarianci. Poté jsou vymezeny míry výkonnosti portfolia, jenž lze obecně definovat jako poměr mezi odměnou (výnosem) a rizikem. Kapitola je zakončena popisem měr výkonnosti portfolia používaných v práci, z nichž lze uvést např. Sharpeho poměr, MAD poměr či Rachevův poměr.

Ve třetí kapitole jsou popsány výše zmíněné modely, jejichž výkonnost je v práci ověřována. Nejprve jsou však vysvětleny koncepty teorie efektivních trhů a technické analýzy, které s ověřovanými modely úzce souvisí. Po vysvětlení těchto konceptů je definována naivní strategie. Dále jsou popsány mean-variance modely a také definovány optimalizační úlohy pro vytvoření efektivní množiny portfolií dle Markowitzova modelu. Jako poslední je v kapitole definován model založený na křížení klouzavých průměrů.

Čtvrtá kapitola je věnována aplikaci výše zmíněných modelů na reálná data. První část kapitoly je tvořena popisem dat a výpočtem základních charakteristik pro akcie zařazené v indexu DAX. Následně jsou již ověřovány jednotlivé modely dle postupů uvedených v ilustrativních příkladech, načež jsou prezentovány výsledky jednotlivých modelů. Poslední část kapitoly byla věnována celkovému srovnání dosažených výsledků.

Na základě porovnání souhrnných tabulek výsledků je vytvořena množina nedominovaných strategií, kterou tvoří tangenciální strategie, strategie s minimálním rizikem a dále strategie MA (5, 50)A, MA (10, 100)A a také MA (50, 100)A. Po bližším zkoumání došlo ke zjištění, že nejlepších výsledků ze všech ověřovaných modelů dosahuje strategie s minimálním rizikem, která dosahuje nejlepších hodnot ze všech strategií u 10 kritérií z 13, přičemž u dvou kritérií (konečný stav prostředků a průměrný roční výnos) ji velmi mírně překonává pouze tangenciální strategie. Strategie s minimálním rizikem také jako jediná dominuje ve všech kritériích naivní strategii. Samotný index je pak dominován strategií s minimálním rizikem a také tangenciální strategií.

U strategie založené na křížení klouzavých průměrů nedošlo k potvrzení výsledků uvedených v publikaci Kouaissah (2018), dle kterých dosahují strategie s alarmem lepších výsledků než strategie bez alarmu. Výsledky uvedené v této publikaci mohou být dle názoru autora zkreslené, neboť rebalance portfolia zde probíhají v 15denních intervalech, viz kapitola 4.4.3. V této práci bylo zjištěno, že použití alarmu snižuje jak rizikovost strategií využívajících křížení MA, tak i jejich výnosnost, tedy konečnou hodnotu prostředků, respektive průměrný roční výnos. Tyto závěry jsou také potvrzeny i u pesimistické a optimistické varianty strategie, viz tabulky 3 až 10 v příloze č. 1. Na druhou stranu je potřeba zmínit, že použití alarmu vede ke zlepšení měr výkonnosti portfolia – zahrnutí alarmu totiž výrazně zlepšuje jednotlivé míry rizika, od nichž se pak odvíjí lepší míry výkonnosti portfolia. Obecně lze tedy na základě zvolených dat a z nich získaných výsledků vyvodit, že použití strategie založené na křížení klouzavých průměrů je pro optimalizaci akciového portfolia neefektivní. Je však nutné upozornit na to, že výsledky dosažené v této práci mohou být ovlivněny volbou akcií, respektive časového období, které byly při ověřování použity.

Seznam použité literatury

a) Odborné knihy

ARONSON, D. R. *Evidence-based technical analysis: Applying the scientific method and statistical inference to trading signals*. Hoboken: Wiley, 2007. ISBN 978-0-470-00874-4.

ELTON, E. J., M. J. GRUBER, S. J. BROWN and W. N. GOETZMANN. *Modern portfolio theory and investment analysis*. 9th ed. Hoboken: Wiley, 2014. ISBN 978-1-118-46994-1.

HARTMAN, O. *Jak se stát forexovým obchodníkem: naučte se vydělávat na měnových trzích*. 2., rozš. vyd. Praha: FXstreet, 2014. ISBN 978-80-904418-3-5.

KIRKPATRICK, CH. D. and J. R. DAHLQUIST. *Technical analysis: the complete resource for financial market technicians*. 2nd ed. Upper Saddle River, N.J.: FT Press, 2011. ISBN 978-0-13-705944-7.

KOUAISSAH, N., ORTOBELLI S. and T. TICHÝ. *Portfolio Theory and Conditional Expectations: Selected models and applications*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Ekonomická fakulta, 2018. ISBN 978-80-248-4343-8.

KRESTA, A. *Kvantitativní metody investování s aplikacemi v prostředí Matlab*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Ekonomická fakulta, 2016. ISBN 978-80-248-3898-4.

RACHEV, S., MENN CH. and F. FABOZZI. *Fat-tailed and skewed asset return distributions: Implications for risk management, portfolio selection, and option pricing*. Hoboken: Wiley, 2005. ISBN 978-0-471-75890-7.

SORTINO, F. and S. SATCHELL. *Managing Downside Risk in Financial Markets: Theory Practice and Implementation*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. ISBN 978-0-7506-4863-9.

VESELÁ, J. *Investování na kapitálových trzích*. 3. vydání. Praha: Wolters Kluwer, 2019. ISBN 978-80-7598-212-4.

ZMEŠKAL, Z., DLUHOŠOVÁ D. a T. TICHÝ. *Finanční modely: koncepty, metody, aplikace*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-91-0.

b) Články v odborných časopisech

ARTZNER, P., DELBAEN, F., EBER, J. M. and D. C. HEATH, Coherent measures of risk. *Mathematical Finance*. 1999, 9(3): 203-228. ISSN 1467-9965

BALZER, L. A. Investment Risk: A Unified Approach to Upside and Downside, Returns. In: SORTINO, F. and S. SATCHELL. *Managing Downside Risk in Financial Markets*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001, 103-155. ISBN 978-0-7506-4863-9.

BENARTZI, S., THALER, R. H. Naive diversification strategies in defined contribution saving plans. *American Economic Review*. 2001, 91(1): 79-98. ISSN 0002-8282

DEMIGUEL, V., L. GARLAPPI and R. UPPAL. Optimal Versus Naive Diversification: How Inefficient is the 1/N Portfolio Strategy? *Review of Financial Studies*. 2007, 24(5):1915-1953. ISSN 0893-9454.

FAMA, E. Efficient capital markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance*. 1970, 25(2): 383-417. ISSN 1540-6261

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*. 1952, 7(1), 77-91. ISSN 1540-6261

PARK, C. H., IRWIN, S. H. What do we know about the profitability of technical analysis? *Journal of Economic Surveys*. 2007, 21(4): 786-826. ISSN 1467-6419

c) Elektronické dokumenty a ostatní

DAX [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.dax-indices.com/index-details?isin=DE0008469008>

Yahoo [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://finance.yahoo.com/quote/%5EGDAXI/components?p=%5EGDAXI>

Investing [online]. [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.investing.com/rates-bonds/germany-10-year-bond-yield-historical-data>

Seznam zkratek

α, β	hladiny významnosti
ρ	funkce rizikové míry
σ_i	směrodatná odchylka i -tého aktiva
σ_i^*	roční směrodatná odchylka
σ_p^S	semivariance portfolia
CVaR	Conditional Value at Risk
DAX	hlavní německý akciový index
$E(R_p)$	průměr pozorovaných výnosů portfolia nebo očekávaný výnos portfolia
$E(R_M)$	očekávaný výnos tržního portfolia
MA	klouzavý průměr
MAD	průměrná absolutní odchylka
MDD	maximální pokles
n, N	počet pozorování
N_i	počet aktiv v portfoliu
OP	obrat portfolia
P_t	kurz akcie v čase t
Q	kovarianční matice
$R_{i,t}$	diskrétní výnos i -té akcie v čase t
R_f	výnos bezrizikového aktiva
$R_{p,t}$	výnos portfolia v čase t
R_{p-}	výnosy portfolia pod střední hodnotou
R_t^*	průměrný roční výnos v čase t
S&P 500	americký akciový index Standard & Poor's 500
SHP	Sharpeho poměr
SP	Sortino poměr
S_k	koeficient šikmosti
S_p	koeficient špičatosti
TN	transakční náklady

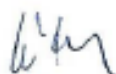
VaR	Value at Risk
w_i	podíl i -tého aktiva v portfoliu
W_t	hodnota prostředků v čase t
W_T	konečná hodnota prostředků
x_i	podíl i -tého aktiva v portfoliu (pro Markowitzův model)

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 24. 4. 2020



Bc. Filip Soška

Seznam příloh

Příloha č. 1 Výsledky dalších variant modelu založeného na křížení klouzavých průměrů